

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Tanja Polak

Određivanje starosti i brzine rasta morskog psa mekušca (*Mustelus punctulatus*  
Risso, 1827) u sjevernom Jadranu

Diplomski rad

Zagreb, 2015. godina

Ovaj diplomski rad izrađen je u Zoologijskom zavodu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom prof. dr. sc. Gordane Lacković-Venturin. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra eksperimentalne biologije (mag. biol. exp.)

# ZAHVALA

Najljepše se zahvaljujem mojoj voditeljici prof. dr. sc. Gordani Lacković – Venturin na dragocjenoj pomoći, razumijevanju i ostvarivanju ovog diplomskog rada.

Veliko i iskreno hvala mojoj neposrednoj voditeljici dr. sc. Romani Gračan bez čije pomoći i volje ne bi danas uopće pisala ovu zahvalu, od srca hvala na svim stručnim savjetima, iskazanom povjerenju i vodstvu tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala mojoj dragoj mami na ljubavi, neizmjerljivoj vjeri i bezuvjetnoj podršci koju mi pruža, što je uz mene u najljepšim i najtežim trenucima, i bez koje danas ne bi bila ono što jesam.

Hvala mome Tomislavu koji me ohrabrivao i nasmijavao kada je bilo teško, te koliko god ja pogriješila on uvijek vjeruje u mene i veseli se zajedno sa mnom svakom mom uspjehu.

Hvala Andrei, Aneri i Hrvoju na ljubavi, strpljenju i moralnoj podršci koju su mi pružali tijekom izrade diplomskog rada, kao i inače u životu.

Hvala svim kolegama i prijateljima bez kojih studij i „posao“ u Zoološkom ne bi prošao tako zabavno.

Hvala dragome Bogu bez čije prisutnosti i pomoći sve ovo ne bi bilo moguće.

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

---

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Biološki odsjek

Diplomski rad

Određivanje starosti i brzine rasta morskog psa mekuš ( *Mustelus punctulatus* Risso, 1827)  
u sjevernom Jadranu

Tanja Polak

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Pas mekuš (*Mustelus punctulatus* Risso, 1827) pripada skupini mezopredatorskih morskih pasa koji se komercijalno izlovljavaju u Jadranu. Prema IUCN Crvenom popisu mekuš je nedovoljno poznata vrsta, te se malo zna o biologiji ove vrste uključujući i podatke o starosti, koji nedostaju za čitavo Jadransko i Sredozemno more. Stoga je cilj ovog rada odrediti starost i brzinu somatskog rasta, kako bi se ovi podaci mogli koristiti pri planiranju i održivom upravljanju vrste. Primjenom skeletokronološke metode i morfometrijskih mjerenja na tijelima kralješaka određena je starost 94 ženke (46,8 - 136,2 cm ukupne dužine tijela, DT) i 93 mužjaka (44,6 - 126,5 cm DT). Analiza rubnog prirasta, koja pokazuje vremensku periodičnost nastanka znakova rasta, potvrdila je primjerenost upotrijebljene metode za određivanje starosti. Najstarija procijenjena dob za ženke i mužjake iznosila je 20 i 15 godina, a u analiziranom uzorku su prevladavale jedinke s 3+ i 4+ godine života. Podaci o duljinama tijela i starosti su korišteni za određivanje parametara von Bertalanffyeve funkcije rasta:  $k = 0,05 \text{ god}^{-1}$ ,  $L_{inf} = 193,00 \text{ cm}$  i  $t_o = -4,72$  za ženke, te  $k = 0,08 \text{ god}^{-1}$ ,  $L_{inf} = 144,00 \text{ cm}$  i  $t_o = -3,95$  za mužjake. Prema dobivenim vrijednostima pas mekuš je spororastuća vrsta, koja je izrazito osjetljiva na izlov.

(38 stranica, 22 slike, 5 tablica, 49 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: hrskavičnjače, kralješci, skeletokronologija, Triakidae, utjecaj ribarstva, von Bertalanffy.

Voditelj: Prof. dr. sc. Gordana Lacković-Venturin, redoviti profesor

Ocjenitelji: Prof. dr. sc. Gordana Lacković-Venturin, redoviti profesor

Doc. dr. sc. Zoran Tadić, docent

Doc. dr. sc. Inga Marijanović, docent

Rad prihvaćen: 5. veljače 2015. godine

# BASIC DOCUMENTATION CARD

---

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Biology

Graduation Thesis

Age and growth determination of blackspotted smooth-hound (*Mustelus punctulatus* Risso, 1827) in the northern Adriatic Sea

Tanja Polak

Rooseveltovej trg 6, 10000 Zagreb, Croatia

Blackspotted smooth-hound (*Mustelus punctulatus* Risso, 1827) belongs to a group of meso-predator sharks which are commercially exploited in the Adriatic Sea. According to the IUCN Red List blackspotted smooth-hound is classified as data deficient species, and very little is known about important aspects of its biology, including data on age and growth rate, which are missing for the Adriatic and Mediterranean Sea. Therefore, the aim of this study was to estimate the age and somatic growth rate, important for planning and sustainable management of this species. Age was estimated on sectioned vertebrae of 94 females (46.8 to 136.2 cm total body length, DT) and 93 males (44.6 to 126.5 cm DT), by applying skeletochronological method and morphometric measurements of vertebrae. Marginal increment analysis was conducted to assess patterns in seasonal growth, which justified the use of vertebrae for ageing of these sharks. Age-length data were used to estimate parameters for the von Bertalanffy growth function:  $k = 0.05/\text{yr}$ ,  $L_{\text{inf}} = 193.00$  cm and  $t_o = -4.72$  for females, and  $k = 0.08/\text{yr}$ ,  $L_{\text{inf}} = 144.00$  cm and  $t_o = -3.95$  for males. The oldest female was aged 20 years and male 15 years, while in the collected sample prevailed animals with age 3+ and 4+. According to these results, blackspotted smooth-hound is a slow-growing species, extremely vulnerable to exploitation.

(38 pages, 22 figures, 5 tables, 49 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: elasmobranch, skeletochronology, the impact of fisheries, Triakidae, vertebrae, von Bertalanffy.

Supervisor: Prof. dr. sc. Gordana Lacković-Venturin

Reviewers: Prof. dr. sc. Gordana Lacković-Venturin

Asst. Prof. dr. sc. Zoran Tadić

Asst. Prof. dr. sc. Inga Marijanović

Thesis accepted: 5 February 2015

# Sadržaj

---

1. Uvod.....	1
1.1. Biologija morskih pasa .....	1
1.1.1. Taksonomija i podrijetlo morskih pasa.....	1
1.1.2. Sistematika i biologija vrste <i>Mustelus punctulatus</i> .....	2
1.2. Ugroženost morskih pasa.....	5
1.2.1. Ugroženost i zaštita psa mekuša u Jadranskom moru.....	6
1.3. Određivanje starosti hrskavičnjača .....	6
1.3.1. Biomineralizacija hrskavičnog skeleta.....	6
1.3.2. Metoda skeletokronologije.....	8
1.3.3. Uloga modela rasta.....	10
1.4. Ciljevi istraživanja .....	11
2. Materijali i metode .....	12
2.1. Područje istraživanja.....	12
2.2. Terenska istraživanja .....	13
2.3. Laboratorijske analize.....	15
2.4. Morfometrijska analiza kralješaka i godišnjih prstenova .....	17
2.5. Modeli rasta .....	19
2.4. Statistička obrada podataka .....	19
3. Rezultati .....	21
3.1. Sezonska raspodjela nalaza psa mekuša .....	21
3.2. Veličinska raspodjela ulovljenih životinja .....	21
3.3. Morfometrijske razlike među spolovima.....	22
3.4. Analiza rubnog prirasta (MIA) .....	23
3.5. Starosna raspodjela .....	24
3.6. Veličinska i starosna distribucija životinja.....	25
3.7. Brzine somatskog rasta.....	26
4. Rasprava .....	28
5. Zaključak .....	33
6. Literatura .....	34
7. Životopis.....	39

## Popis kratica

DT	dužina tijela
F	fokus
$k$	koeficijent rasta ili brzina somatskog rasta
$L_{inf}$	asimptotska maksimalna dužina tijela
$L_t$	dužina životinje pri t starosti
MIA	analiza rubnog prirasta
MIR	omjer rubnog prirasta
MT	masa tijela
MW	udaljenost od zadnje formirane tanke pruge do ruba kralješka
PBW	širina prethodno formiranog godišnjeg prstena
RK	radijus kralješka
SD	standardna devijacija
$t_o$	godina starosti kada je teoretska dužina životinje bila jednaka nuli
UD	unutrašnji dio
VD	vanjski dio

# 1. Uvod

---

## 1.1. Biologija morskih pasa

### 1.1.1. Taksonomija i podrijetlo morskih pasa

Morski psi pripadaju nadrazredu čeljustousta (Gnathostomata). Skupinu čeljustousta čine recentne vrste riba koje su podijeljene u tri razreda: zrakoperke (Actinopterygii), prečnouste (Elasmobranchii) i cijeloglavke (Holocephali). Glavna značajka razreda prečnousta i cijeloglavki je kostur izgrađen od hrskavice, a te se skupine međusobno razlikuju s obzirom na broj škržnih otvora. Razredu cijeloglavki pripada samo jedan red, himere (Chimaeriformes), koje su ime dobile zbog njihova bizarnog izgleda: dugog repa i glave s velikim očima koja podsjeća na karikaturu zeca. Prečnouste, među koje spadaju i morski psi, imaju više škržnih otvora, dok cijeloglavke imaju jedan škržni otvor. Skupina prečnousta obuhvaća podrazred Neoselachii, koji se dijeli na dva međurazreda: morski psi (Selachii) i raže (Batoidea), između kojih je glavna razlika u obliku tijela i staništima koje nastanjuju. Morski psi obuhvaćaju dva nadreda: Galeomorphi i Squalomorphi (Pough i sur. 2005; Bailly 2014).

Najstariji fosilni ostaci morskih pasa i njihovih srodnika datiraju iz razdoblja gornjeg silura (prije 400 milijuna godina), što ih evolucijski čini jednom od najstarijih skupina kralješnjaka na zemlji. Koštani kostur je bio prisutan kod njihova bezčeljustnog (Agnatha) pretka, ali je zamijenjen hrskavičnim, što je vjerojatno povezano s olakšavanjem tijela, a time i većom pokretljivošću. Adaptivna radijacija prečnousta započela je u trijasu, a u razdoblju jure i krede pojavljuju se morski psi kakve danas poznajemo (Pough i sur. 2005). Od razdoblja krede, prije 100 milijuna godina, hrskavične ribe se nisu morfološki i fiziološki promijenile. Danas one nastanjuju gotovo sve vodene biotope: rijeke, jezera, estuarije, priobalne vode, otvorena mora i duboka mora. Sukladno tome, iako su morski psi većinom grabežljivci, prilagodili su se i na različite tipove prehrane, pa su neke vrste strvinari, a neki se hrane planktonom (Serena 2005).

Iako su mala, evolucijski konzervativna skupina, uspješno funkcioniraju u različitim ekosustavima. Oni su ključni predatori na vrhu hranidbenog lanca u morskim ekosustavima, a imaju važnu ulogu jer kontroliraju brojnost i raznolikost plijena (Abdulla 2004). Unatoč uspješnosti evolucije, neki morski psi su na rubu izumiranja zbog negativnog antropogenog utjecaja.



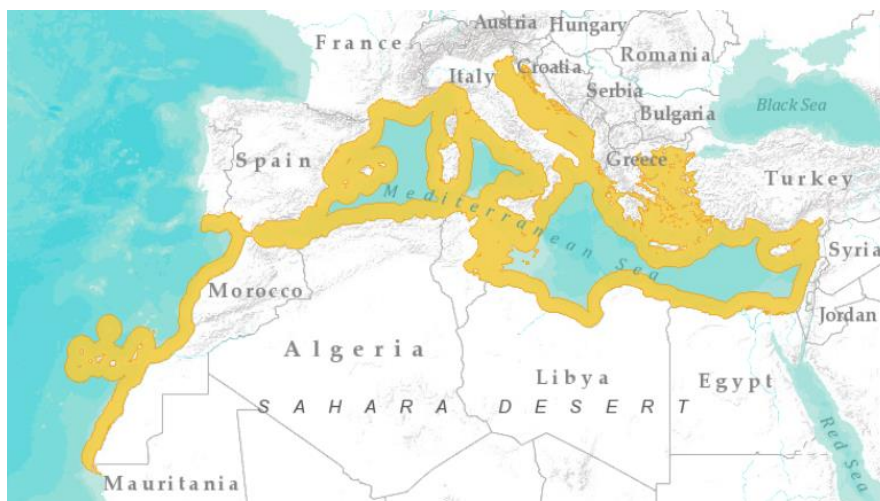
Danas je poznato 800 recentnih vrsta hrskavičnih riba u svijetu, od čega oko 30 njih čine himere, 425 vrsta raža i 340 vrsta morskih pasa (Kapoor i Khanna 2004).

### **1.1.2. Sistematika i biologija vrste *Mustelus punctulatus***

Pas mekuš (*Mustelus punctulatus* Risso, 1827) je predstavnik porodice Triakidae (red: Carcharhiniformes) koji je rasprostranjen u čitavom Sredozemnom moru, izuzev Crnog mora (Slika 1). Nastanjuje i područje istočnog Atlantika, od južne obale Portugala pa dalje uz zapadnu obalu Afrike do Mauritanije. Pridnena je vrsta koja se zadržava na kontinentskoj podini između 5 i 200 m dubine na muljevitim, pjeskovitim i šljunčanim dnima (Jardas i sur. 2008).

Sistematika vrste pas mekuš (prema Bailly 2014):

- Carstvo: Animalia
- Koljeno: Chordata
- Potkoljeno: Vertebrata
- Nadrazred: Gnathostomata
- Razred: Elasmobranchii
- Podrazred: Neoselachii
- Međurazred: Selachii
- Nadred: Galeomorphi
- Red: Carcharhiniformes
- Porodica: Triakidae
- Potporodica: Triakinae



Slika 1. Rasprostranjenost psa mekuša (izvor: IUCN).

U Jadranskom moru rod *Mustelus* ima tri predstavnika: *Mustelus punctulatus*, *Mustelus asterias* i *Mustelus mustelus*. Osnovna morfološka obilježja po kojim se pas mekuš *Mustelus punctulatus* razlikuje od vrlo slične vrste *Mustelus mustelus* je crno obojeni stražnji obod leđnih peraja, te po crnim pjegama na leđima i boku. Tijelo psa mekuša (Slika 2) je vitko i dugačko, a glava je kratka. Zubi su pločasti s reduciranim vrhom, te gusto poredani u više redova (Jardas i sur. 2008). Malo je podataka o biologiji ove vrste, djelomično zbog česte zamjene s drugim vrstama iz roda *Mustelus* koje obitavaju na istom području, ali i zbog rijetkih istraživanja koja su na njoj provedena (Serena i sur. 2009).



Slika 2. *Mustelus punctulatus*, pas mekuš (foto: Romana Gračan).

Pas mekuš je oportunistički mezopredator koji se hrani raznim pridnenim i bentičkim organizmima. Većinu prehrane čine rakovi, koštunjače i mekušci. Hrani se također i plaštenjacima, bodljikašima i mnogočetinašima (Saïdi i sur. 2009). Prema Jardas i sur. (2007a) najčešći plijen psa mekuša na području istočnog Jadrana su dekapodni rakovi, a sekundarni plijen čine koštunjače, primjerice *Sardina pilchardus*. Pas mekuš pokazuje ontogenetske promjene u prehranbenima navikama kroz životni ciklus (Saïdi i sur. 2009; Lipej i sur. 2011). Ove razlike su vjerojatno posljedica usavršavanja tehnike lova starijih jedinki, povećanja veličine tijela i brzine plivanja. Ontogenetske razlike vjerojatno ovise i o dostupnosti plijena u okolini, te o geografskim razlikama. Stoga su Saïdi i sur. (2009) istaknuli da juvenilne jedinke psa mekuša uz tunisku obalu preferiraju rakove, a odrasle jedinke koštunjače i mekušce. Pas mekuš je dobro prilagođen i na pelagički život jer doseže velike brzine pri plivanju i spretno se kreće zbog izrazito pokretljivih peraja. Zubi su mu prilagođeni za drobljenje jer su im vrhovi grubo zaobljeni kako bi mogli progristi školjke mekušaca i karapakse rakova. Te morfološke osobine potvrđuju da je pas mekuš prilagođen loviti i pelagički i bentički plijen, te da ima prehranu širokog spektra. Stoga se ontogenetskom promjenom izbjegava kompeticija za hranu unutar vrste i između vrsta (Lipej i sur. 2011).

Prema Capape i Quignard (1977) ženke u Sredozemnom moru (Tunisu) narastu do približno 190 cm DT, a mužjaci do 180 cm DT. Dužina mladunaca pri rođenju je oko 31 cm DT (Serena i sur. 2009). Kod psa mekuša izražen je spolni dimorfizam jer mužjaci dosežu manje maksimalne veličine tijela i spolno sazrijevaju pri manjoj dužini tijela (~50-55 cm DT) u usporedbi sa ženkama (~60 cm DT) (Serena i sur. 2009). Prema Capape i Quignard (1977) mužjaci i ženke uz tunisku obalu spolno sazrijevaju i kod većih dužina: ženke postižu spolnu zrelost pri veličini od oko 100 cm DT, a mužjaci pri veličinama tijela od oko 90 cm DT.

Kao i kod ostalih morskih pasa ženke dosižu spolnu zrelost pri većim dužinama tijela i u starijoj dobi nego mužjaci. Prema Cortésu (2004) razlog tomu je da ženke moraju biti veće kako bi nosile mladunce. Reprodukcijska zahtjeva velike utroške energije, stoga pri spolnom sazrijevanju dolazi do usporavanja somatskog rasta kako bi se pohranila energija za potrebe reprodukcije (Panfili i sur. 2002). Razmnožavanje je viviparno, s placentom od žumanjčane vreće. Embrionalni razvoj traje oko godinu dana, a broj mladunaca se kreće između 5 i 30 po okotu (Jardas i sur. 2008).

To je vrsta koja ima K životne strategije (dulji period sazrijevanja, spori rast, niski reproduktivni potencijal) (Abdulla 2004).

## **1.2. Ugroženost morskih pasa**

Biološke karakteristike morskih pasa (K životne strategije) čine ih posebice osjetljivim na antropogeni utjecaj. Razlog njihove ugroženosti je intenzivan pridneni ribolov, degradacija ili gubitak staništa, onečišćenje mora, uznemiravanje, te bioakumulacija toksičnih tvari. Razvojem ribarstva i ribarskih tehnika povećava se pritisak na populacije hrskavičnih riba koje se komercijalno iskorištavaju. Zbog intenzivne eksploatacije u Jadranskom moru smanjena je njihova brojnost. Hrskavične ribe se u ribarstvenoj biologiji koriste kao indikatori stanja pridnenih naselja i otvorenog mora zbog svojih bioloških osobina. Stanje u Jadranu nije posvuda jednako. Brojnost je najmanja gdje je eksploatacija područja najveća, a to se odnosi na otvoreni srednji Jadran koji je glavno mrijestilište i rastilište brojnih pridnenih vrsta, stoga je važan za repopulaciju cijelog Jadrana. *Scyliorhinus canicula*, *Raja* spp., *Mustelus* spp. i *Squalus* spp. su komercijalno iskorištavane vrste koje se zadržavanju pri morskom dnu, a zbog intenzivnog izlovljavanja u otvorenom i zapadnom (talijanskom dijelu) Jadrana su gotovo nestale. Osim toga smanjile su se maksimalne dužine i mase primjeraka, kao i broj spolno zrelih primjeraka (Jardas i sur. 2008). U 2005. godini u Jadranskom moru (podaci za RH) je ulovljeno 35.000 tona ribe, od čega je ulovljeno 150 tona (1 %) hrskavične ribe. Ulovljene hrskavičnjače se pri prijavi ulova svrstavaju u samo 2 skupine: Rajiformes (65 tona u 2005.g.) i Squalidae (91 tona u 2005.g.) što upućuje na nedostatak preciznih podataka o ulovu pojedinih vrsta. Većina ulovljenih hrskavičnjača nije ciljani ulov već posljedica slučajnog ulova pri lovu na tune, sabljarke ili manje pridnene ribe (Serena i Barone 2008). Morske pse se lovi zbog mesa, kože, ulja, hrskavice i drugih produkata. Ponekad im se otklone samo peraje, a ostatak trupa se baca u more (Abdulla 2004).

Prema „Crvenoj knjizi morskih riba Hrvatske“, u Jadranskom moru je 16 vrsta hrskavičnjača pred izumiranjem, od ukupno 53 vrste koje su zabilježene u Jadranskom moru. Prema Zakonu o zaštiti prirode (ZZP, NN NN 70/05, NN 139/08 i NN 57/11) i Pravilniku o proglašenju divljih svojti zaštićenim i strogo zaštićenim (NN 99/09) 23 vrste hrskavičnih riba su strogo zaštićene, a 3 su zaštićene (DZZP 2014). U Jadranu je zabilježeno 28 vrsta morskih pasa (Serena i Barone 2008).

Usporedba dva znanstvena istraživanja (Hvar i Medits) provedena pomoću pridnenih koća, u čitavom Jadranu u razmaku od 57 godina, pokazala je da se brojnost hrskavičnjača u Jadranu smanjila za 94.5 %. Male mezopredatorske vrste (*Scyliorhinus canicula* i *Raja miraletus*) su relativno često ulovljene tokom istraživanja, dok su veliki morski psi (pas ljudožder,

*Carcharodon carcharias*) gotovo nestali ili su rijetko uhvaćeni, što ukazuje na promjenu strukture zajednica (Jukić-Peladić i sur. 2001; Ferretti i sur. 2013). Zbog smanjene brojnosti populacija i promjene u demografskim strukturama populacija, Hrvatska je u sklopu Barcelonske konvencije potpisala „Akcijski plan o zaštiti riba hrskavičnjača (*Chondrichthyans*) u Sredozemnom moru“, u kojem se naglašava potreba za zaštitom i primjerenim upravljanjem preostalih populacija (UNEP MAP RAC / SPA 2003).

### **1.2.1. Ugroženost i zaštita psa mekuša u Jadranskom moru**

Na području Jadranskog mora, pas mekuš se lovi kao ciljane vrsta alatima pridnenog ribolova, najviše pridnenom kočom, parangalima i mrežama stajaćicama. Ugrožava ga degradacija staništa i onečišćenje mora (Jardas i sur. 2008). Tijekom Medits (1998) i Hvar (1948) istraživanja u Jadranskom moru, pas mekuš nije spomenut, dok su *Mustelus asterias* i *Mustelus mustelus* redovito ulovljeni. Zabilježen je u samo jednom od 6336 potega kočama na prostoru sjevernog Sredozemnog mora u razdoblju od 1994. do 1999.g. tijekom Medits istraživanja. Postotak prisutnosti psa mekuša u 22 istraživanja GRUND je bio nizak (2.48%), a primjerci su ulovljeni na području talijanskih voda. Pas mekuš se smatra uobičajenim u Gabeskom zaljevu (Tunis), a čini se da je vrlo rijedak u sjevernom Sredozemnom moru zbog prekomjernog izlova i degradacije staništa (Serena i sur. 2009).

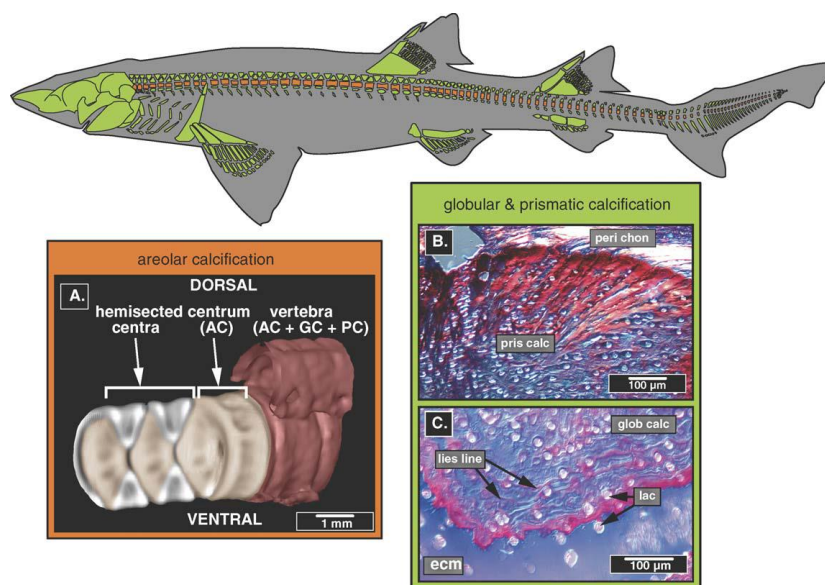
Prema IUCN regionalnom popisu hrskavičnih riba Sredozemnog mora, pas mekuš je svrstan u kategoriju nedovoljno poznate svojte (Serena i sur. 2009). U „Crvenoj knjizi morskih riba Hrvatske“ također je opisan unutar kategorije DD (engl. *data deficient*), nedovoljno poznate svojte. Trenutno se ne primjenjuje nikakva zaštita ove komercijalne vrste.

## **1.3. Određivanje starosti hrskavičnjača**

### **1.3.1. Biomineralizacija hrskavičnog skeleta**

Mineralna komponenta koja se odlaže u hrskavičnim strukturama, poput tijela kralješaka, je hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ). Hidroksiapatit je sol kalcijeva fosfata koja stvara kristalite. Oni se odlažu na kolagena vlakna u organskom matriksu hrskavice, a tome prethodi reorganizacija matriksa. U tijelu kralješka organski matriks hijaline hrskavice čini kolagen tipa II. Prije odlaganja kristalita, kolagen tipa II se zamijeni kolagenom tipa I, a time organski

matriks kontrolira orijentaciju kristalita duž kolagenih vlakana (Panfili i sur. 2002; Egerbacher i sur. 2006). Postoje tri tipa biomineralizacije hrskavice: areolarna, prizmatična i globularna (Slika 3). Areolarni tip kalcifikacije je prisutan u tijelima kralješaka većine hrskavičnih riba, a javlja se u obliku koncentričnih pruga koje mogu poslužiti za procjenu starosti (Dean i Summers 2006).



Slika 3. Shematski prikaz endoskeleta morskog psa. Fotografije prikazuju: a) areolarni b) prizmatični c) globularni tip kalcifikacije (izvor: Dean i Summers 2006).

Zbog razlika u sezonskom rastu organizma, dolazi do promjena u gustoći minerala u hrskavičnom tkivu i postaju vidljive šire i tanje koncentrične pruge. Sezonski rast je prvenstveno posljedica razlika u temperaturi mora, ali je i neizbježno povezan s unosom hrane. Kako dostupnost hrane tijekom zime manjka, tako se i rast organizma, odnosno kralješka usporava. Stoga se izmjenjuju dijelovi kalcificirane (hipermineralizirane) i manje kalcificirane hrskavice koji se razlikuju u širini (Panfili i sur. 2002; Goldman 2004).

U umjerenim vodama, šire pruge označavaju brži rast koji se odvija tijekom ljeta kada su temperature mora više, dok uže pruge predstavljaju sporiji rast koji se odvija tijekom zime. Razlika između širokih (ljetnih) i uskih (zimskih) pruga čini osnovu za određivanje dobi, iako se kod većine vrsta takozvana zimska pruga, zapravo formira u proljeće. Na presjeku hrskavičnih kralješaka, jedna uska i jedna šira pruga čine godišnji prsten rasta koji se broji kao jedna godina (Goldman 2004; Cailliet i sur. 2006).

### 1.3.2. Metoda skeletokronologije

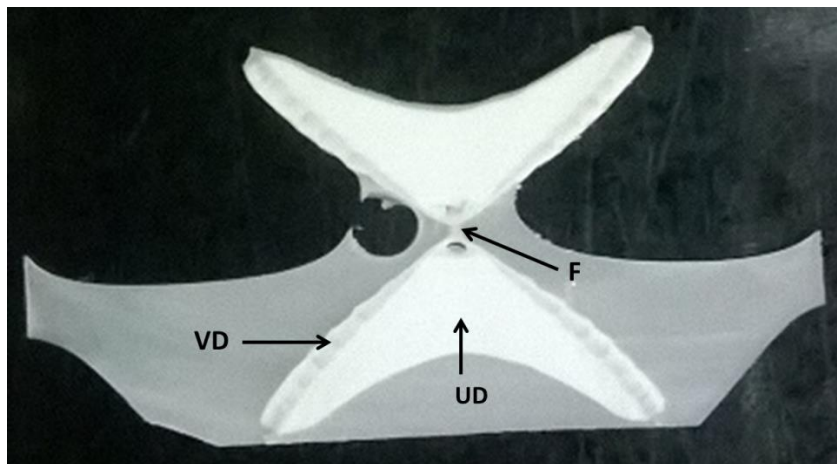
Za određivanje starosti jedinki najčešće se koristi metoda skeletokronologije. Skeletokronologija proučava kalcificirane strukture kako bi rekonstruirala prošlost živih organizama, što je od izrazite važnosti u ribarstvenoj biologiji. Analiziraju se znakovi rasta vidljivi na potpornom skeletnom tkivu organizma jer kako kalcificirane strukture rastu, ostavljaju trajne podatke putem specifičnog procesa biomineralizacije (Panfili i sur. 2002). Strukture na kojima su vidljivi godišnji znakovi rasta kod riba su otoliti, ljuske, bodlje peraja, kralješci i kosti. Hrskavičnjače nemaju otolite, a na ljuskama nema prepoznatljivih znakova rasta. Stoga se za određivanje starosti kod hrskavičnih riba najčešće koriste kralješci i bodlje peraja, ukoliko su prisutne. Starost se još može procijeniti i na kaudalnim trnovima i neuralnim lukovima (Campana 2014). Procjena starosti hrskavičnjača je često teža nego kod koštunjača jer hrskavičnjače dosižu veću starost (neki morski psi žive i 80 godina), te im je sporiji somatski rast zbog čega su godišnji prstenovi smješteni puno bliže jedni drugima.

Svaka vrsta ima karakterističan uzorak rasta, što znači da prstenovi na tijelu kralješka jedne vrste nisu reprezentativni za drugu vrstu (Campana 2014). Kako bi se pravilno odredila starost jedinke, čitač se treba upoznati sa „tipičnim“ izgledom godišnjeg prstena. Takvo pravilo pomaže kod prepoznavanja lažnih godišnjih prstenova koji su uglavnom slabije vidljivi, diskontinuirani i difuzni (raspršeni). Goldman i sur. (2012) pretpostavljaju kako nedostatak hrane u određenom periodu može uzrokovati pojavu tih lažnih prstenova.

Na tijelima kralješaka starost se može procijeniti upotrebom transverzalnih ili sagitalnih prereza tijela kralješaka, kao i korištenjem cijelog kralješka. Na sagitalnim prerezima, godišnji prsten se proteže kroz dva kraka vanjskog/čvrstog dijela kralješka (lat. *corpus calcareum*) i kroz unutrašnji/mekši dio kralješka (lat. *intermedialia*) (Slika 4). Starost bi se uvijek trebala određivati iz područja vanjskog dijela, a ne iz unutrašnjeg dijela kralješka jer se prilikom sušenja uzoraka unutrašnji dio može iskriviti. Kada se to dogodi, prstenovi na vanjskom rubu unutrašnjeg dijela kralješka se grupiraju i postanu nerazlučivi. Kod većih i starijih životinja, prstenovi se grupiraju i u vanjskom dijelu (lat. *corpus calcareum*) na vanjskom rubu kralješka, ali ostaju razlučivi zbog veće čvrstoće te strukture. Grupiranje godišnjih prstenova se javlja zbog usporavanja somatskog rasta nakon navršene spolne zrelosti. Usporavanjem somatskog rasta širina godišnjih prstenova se smanjuje (Goldman 2004; Goldman i sur. 2012). Kao u slučaju korištenja unutrašnjeg dijela kralješka za određivanje starosti, tako i kod transverzalnih prereza dolazi do nerazlučivosti prstenova na



vanjskom rubu kralješka, stoga Goldman (2004) preporučuje korištenje sagitalnih prereza tijela kralješka.



Slika 4. Sagitalni prerez kralješka psa mekuša, VD = vanjski dio, UD = unutrašnji dio i F = fokus.

Kako se godišnji prsten sastoji od tanje i šire pruge, obično se broje tanje pruge radi lakše uočljivosti. Brojanje započinje utvrđivanjem oznake rođenja i prvog godišnjeg prstena. Oznaka rođenja se pojavljuje kao promjena kuta na površini vanjskog dijela tijela kralješka, točnije na dodirnoj površini između vanjskog i unutrašnjeg dijela (Goldman 2004). Obično nastaje pri rođenju ili kratko nakon rođenja i ona se ne broji pri određivanju starosti (Campana 2014). Uz promjenu kuta, oznaka rođenja se javlja kao blijedi godišnji prsten na vanjskom dijelu kralješka koji u većini slučajeva i nije vidljiv, a uočljiv je jedino na sagitalnom prerezu. Oznaka rođenja je važna jer određuje početnu točku, a sljedeći prsten koji se pojavljuje nakon rođenja označava prvi godišnji prsten. Prvi godišnji prsten je smješten blizu fokusa (središnja točka) kralješka (Slika 4) i obično je blijed. Brojanje godišnjih prstenova olakšavaju urezi na površini krakova vanjskog dijela kralješka. Urezi su smješteni uz samu tanju prugu. Ukoliko je zbog nekog razloga mala vidljivost godišnjih prstena, tada urezi i unutrašnji dio kralješka mogu pomoći u procjeni starosti. Kod nekih vrsta javlja se čak i prsten prije rođenja (Goldman 2004).

Postoje brojne tehnike kojima se može povećati vidljivost godišnjih prstenova: imerzija alkohola, impregnacija ksilenom, X-radiografija, spektrometrija X-zrakama, ulje cedrovine, alizarin red boja, srebrov nitrat, kristal violet, grafitna mikrotopografija, kombinacija



kobaltovog nitrata i amonijevog sulfida, te uporaba soli bakra, olova i željeza. Najjeftinije i najjednostavnije metode su bojanje kristal violetom i srebrovim nitratom (Goldman 2004). Danas su raširene tehnike kompjuterske analize digitalizirane mikroskopske slike. Sustavi analize slike omogućuju povećanje, izoštravanje i pohranu slike, koje se mogu obraditi uz pomoć programa Adobe Photoshop (Campana 2014).

### **1.3.3. Uloga modela rasta**

Postoje brojni modeli kojima se procjenjuju parametri rasta, a najčešće se upotrebljavaju von Bertalanffyeva i Gompertzova funkcija rasta (Musick 1999). Najšire se upotrebljava upravo von Bertalanffyevev model jer se bazira na biološkoj premisi prema kojoj veličina organizma u svakom trenutku ovisi o rezultanti dvaju suprotnih sila: anabolizma i katabolizma (Musick 1999; Goldman 2004). Između ostalih parametara koje pruža ovaj model, koeficijent rasta ili brzina somatskog rasta ( $k$ ) opisuje životnu strategiju i osjetljivost jedinke na povećanu smrtnost (Musick 1999). Brzina somatskog rasta ( $k$ ) se definira kao prosječna brzina pri kojoj organizam u populaciji dosiže maksimalnu dužinu od dužine pri rođenju (Goldman 2004). Vrste kojima je brzina somatskog rasta ( $k \leq 0.10$ ) se svrstavaju u posebno osjetljive vrste (Musick 1999).

Podaci o brzini somatskog rasta potrebni su u demografskim analizama kako bi se procijenio utjecaj smrtnosti od strane ribarstva na stanje populacije dugoživuće vrste. Pomoću demografskih parametara koji zahtijevaju poznavanje starosti (fekunditet ovisan o starosti, starost pri spolnom sazrijevanju, preživljavanje pri određenoj starosti i brzina somatskog rasta) može se procijeniti neto brzina razmnožavanja po generaciji, generacijsko vrijeme i intrinzična brzina porasta populacije, što u konačnici daje sliku o stanju populacije (Musick 1999).

#### **1.4. Ciljevi istraživanja**

Poznavanje starosti jedinki u populaciji čini osnovu za izračunavanje brzine somatskog rasta, stope smrtnosti i dužine životnog ciklusa. Poznavanje tih karakteristika omogućava procjenu trenutnog stanja populacije i predviđa njenu promjenu kroz vrijeme. Stoga je poznavanje starosti uvršteno među najvažnije biološke varijable. Točni i precizni podaci o starosti su ključni za uspješno upravljanje izlovljavanom populacijom, a pogrešno procijenjena starost može dovesti do ozbiljnih posljedica, poput eksploatacije (Goldman i sur. 2004; Goldman i sur. 2012).

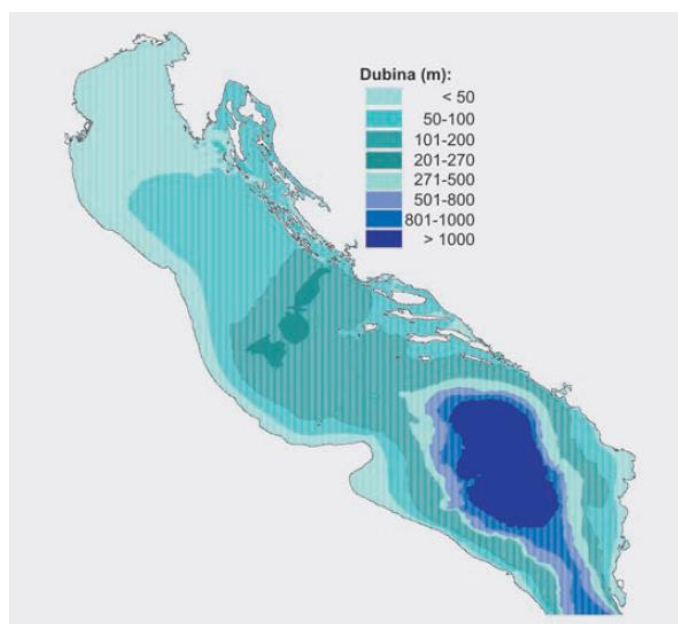
Kako je prema IUCN Crvenom popisu mekuš nedovoljno poznata vrsta (Jardas i sur. 2008), a podaci o starosti mekuš nedostaju za čitavo Jadransko i Sredozemno more, cilj ovog rada je odrediti starost i brzinu somatskog rasta jedinki, kako bi se ovi podaci mogli iskoristiti pri planiranju i održivom upravljanju ove vrste u Jadranskom moru.

## 2. Materijali i metode

---

### 2.1. Područje istraživanja

Jadransko more je izduženi bazen istočnog Sredozemnog mora površine 138 595 km<sup>2</sup>. Proteže se u europski kontinent u smjeru od sjeverozapada do jugoistoka na 750 km geografske dužine i 159 km prosječne geografske širine. U svom južnom dijelu Jadran je povezan sa Sredozemnim morem uskim prolazom, Otrantskim vratima širine 70 km i pragom na dubini od 800 m. Najveći dio površine Jadrana (74 %) prekriva plitko područje kontinentalne podine s dubinama < 200 m (Slika 5; Cushman – Roisin i sur. 2001). S obzirom na razlike u morfološkim i hidrografskim svojstvima Jadran je podijeljen u tri geografska područja: sjeverni, srednji i južni (Jardas i sur. 2008).



Slika 5. Batimetrijska karta Jadranskog mora (izvor: Jardas i sur. 2008).

Dno Jadranskog mora je prekriveno sedimentima različite teksture i mineraloško-petrografskog sastava, a njegov najveći dio je prekriven muljevitim i pjeskovitim sedimentima. Raspored sedimenta u sjevernom i južnom dijelu Jadrana pokazuje da je opadanje veličine čestica u sedimentima, uvjetovano dubinom i intenzitetom morskih struja (Jardas i sur. 2008).

Slanost Jadranskog mora je prilično visoka. U površinskom sloju mora ona je prosječno 38,3 ‰, a njena visoka slanost je posljedica precipitacije, evaporacije i intenziteta ulaženja slanije istočnomediteranske vode. U otvorenom Jadranu slanost morske vode opada od južnog prema sjevernom dijelu. Jadran je umjereno toplo more sa velikim varijacijama u godišnjoj temperaturi. Ekstremi površinske temperature mora obuhvaćaju raspon od 3 ° do 29 °C. Ljeti se na otvorenom Jadranu razvija termoklina na dubini od 10 do 30 m, koja uzrokuje pad temperature u svega nekoliko metara od 10 do 13 °C. U zimi se zbog hlađenja površinskog sloja uspostavlja izotermija (Cushman – Roisin i sur. 2001).

Jadran je svrstan u nisko produktivno (oligotrofno) more, a produktivniji je uz obalu i kanalsko područje nego li u otvorenom moru. Pojedini dijelovi Jadrana se zbog različitih morfoloških i hidrografskih svojstava razlikuju u produktivnosti. Primjer za to je sjeverni Jadran koji se, zbog stalnog dotoka vode bogate hranjivim solima iz sjevernojadranskih rijeka, odlikuje visokom produktivnošću i manjom prozirnošću. To je glavno područje lova male plave ribe u Jadranu (Jardas i sur. 2008).

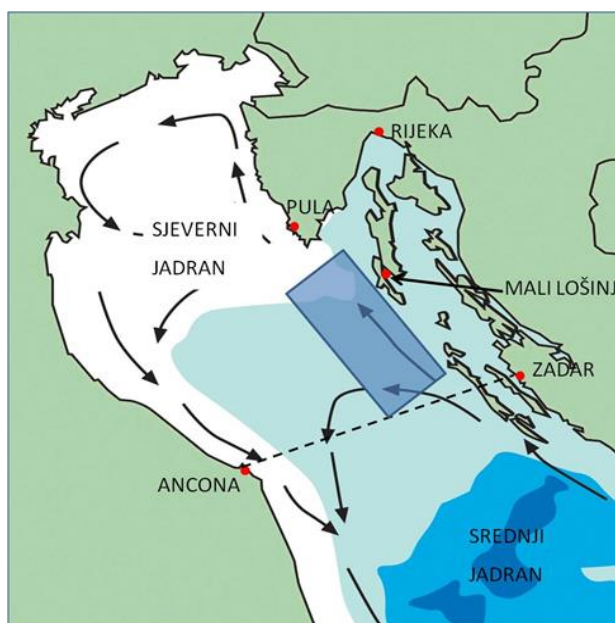
## **2.2. Terenska istraživanja**

Terenska istraživanja provedena su u sjevernom Jadranu, na području Lošinjskog akvatorija u razdoblju od travnja 2005. do travnja 2007. godine. Uzorke su prikupili promatrači za vrijeme profesionalnog ribarenja na komercijalnim ribarskim brodovima, kočaricama (Slika 6).



Slika 6. Ribarski brod, kočarica (foto: Romana Gračan).

Koćarice su kretale iz matične luke Mali Lošinj. Područje istraživanja na kojem se ribarilo nalazi se između 44°32' i 43°44' sjeverne zemljopisne širine, te 15°05' i 14°40' istočne zemljopisne dužine (Slika 7), na dubinama od 45 do 84 m. Morski psi su prikupljeni uz pomoć neselektivne pridnene povlačne mreže (koće). Trajanje potega mreže je iznosilo 5 – 6 sati, nakon čega se mreža podizala, sadržaj mreže se pregledavao, a mreža se odmah vraćala u more za sljedeći poteg.



Slika 7. Područje istraživanja u sjevernom Jadranu označeno je pravokutnim okvirom (izvor: [www.seaturtle.org](http://www.seaturtle.org)).

Uhvaćene su 193 jedinke psa mekušca, determinirane na temelju vanjskih taksonomskih obilježja. Na brodu su izvršena morfometrijska mjerenja morskih psa (Slika 8), te im je određen spol. Morfometrijsko mjerenje se sastojalo od mjerenja ukupne dužine tijela (DT) i ukupne mase tijela (MT) digitalnom vagom Cormorane Professional s preciznošću od  $\pm 0,1$  g. Spol je određen prema prisustvu / odsustvu kopulatornog organa.



Slika 8. Morfometrijska obrada životinja na brodu (foto: Romana Gračan).

Morski psi su prikupljeni kroz cijelu godinu, radi uvida u sezonske cikluse životinja. Nekoliko kralješaka je izolirano iz svake životinje, iz kralježnice u području ispod prve dorzalne peraje. Kralješci su fiksirani u 4 % formaldehidu tijekom 24 sata i pohranjeni u 75 % etanolu do obrade u laboratoriju.

### **2.3. Laboratorijske analize**

Mišićno tkivo koje okružuje kralješak odstranjeno je uz pomoć 5 % otopine natrijeva hipoklorita ( $\text{NaOCl}$ ). Kralješci su namakani u razdoblju od pet minuta do jednog sata, ovisno o veličini kralješka i količini okolnog suvišnog tkiva (Slika 9). Kod većih kralješaka često je bilo potrebno i ručno odstranjivanje mišićnog tkiva i leđne moždine. Nakon namakanja u otopini natrijeva hipoklorita, uzorci su isprani u destiliranoj vodi otprilike 30 minuta, te su laboratorijskim škalicama uklonjeni hemalni lukovi kralješka, kako bi dobili samo tijelo kralješka. Očišćena tijela kralješaka su zatim ostavljena najmanje 24 sata na zraku kako bi se osušila (Slika 10).

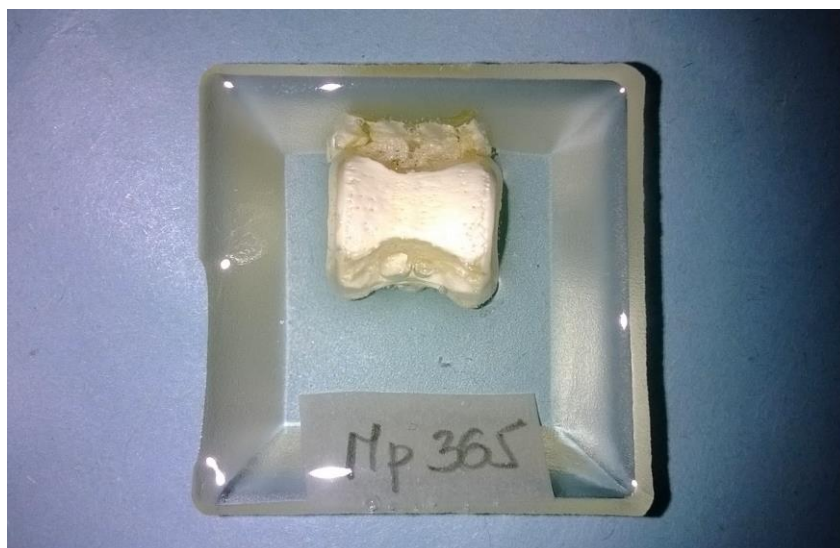


Slika 9. Uklanjanje mišićnog tkiva pomoću natrijeva hipoklorita (foto: Tanja Polak).



Slika 10. Očišćeno tijelo kralješka (foto: Tanja Polak).

Tako pripremljena tijela kralješka su uklopljena u epoksi rezin smolu (Epothin hardener i Epothin Resin, Buehler) kako bi se olakšalo rezanje kralješaka (Slika 11). Uklapanje se sastojalo od miješanja dvije komponente epoksi smole, nakon čega je smjesa prelivena preko kralješaka koji su se nalazili u silikonskim kalupima. Kralješci su ostavljeni 24 sata kako bi se epoksi smola u potpunosti stvrdnula.

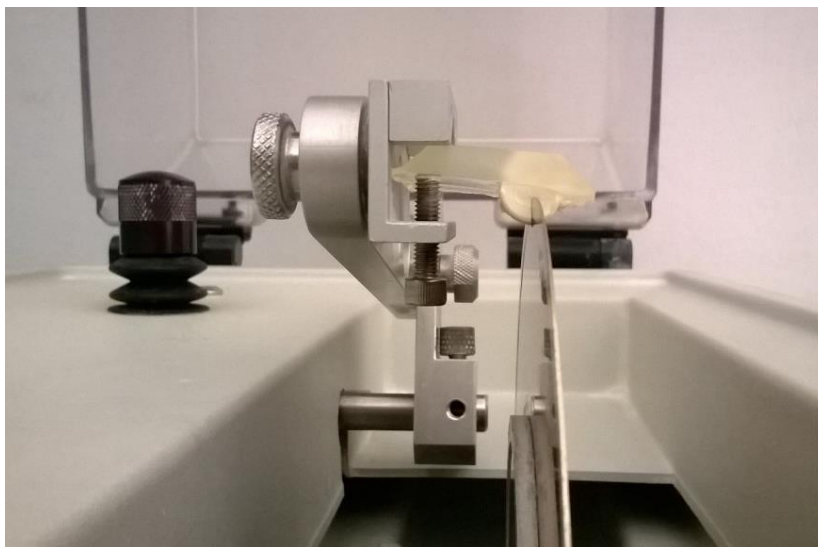


Slika 11. Kralješak uklopljen u epoksi rezin smolu (foto: Tanja Polak).

Uklopljeni uzorci su zatim prerezani pomoću stolnog rezača s dijamantnom sporotirajućom pilom (IsoMet 1000, Buehler) (Slika 12). Uklopljeno tijelo kralješka je sagitalno presječeno



kroz centralni dio kralješka tako da prerez obuhvati središnju točku (fokus). Prerez kroz centralni dio kralješka je bio debljine od 0,5 do 0,9 mm, ovisno o veličini kralješka.



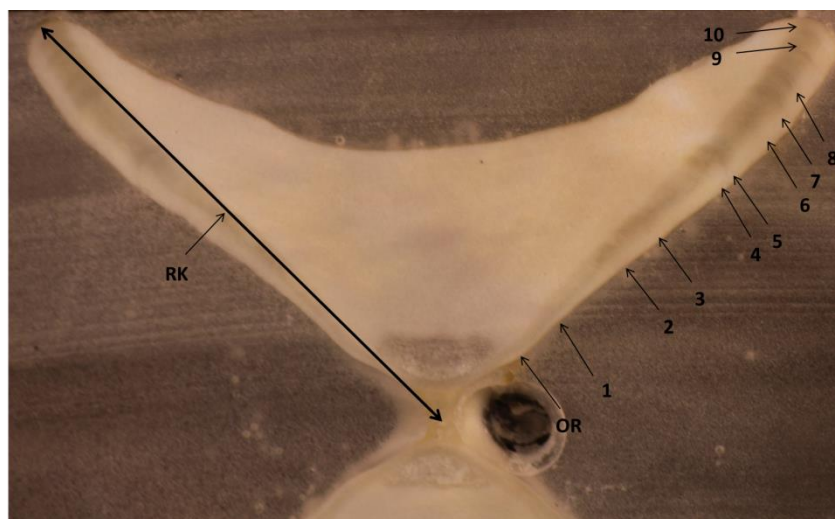
Slika 12. Rezanje kralješka pomoću dijamantne sporotirajuće pile na stolnom rezaču (foto: Tanja Polak).

Prerezi su zatim promatrani pod svjetlosnim mikroskopom (Nicon Eclipse E600) pri povećanju od 40 x, te pod lupom (XTL-2300) pri povećanju od 2 x. Da bi se osigurala objektivnost, brojanje je izvršeno bez saznanja o dužini tijela i spolu jedinke. Godišnji prstenovi su se brojali iz područja vanjskog dijela kralješka. Odredila se oznaka rođenja koja je prisutna kao promjena kuta, a prvi sljedeći prsten je određen kao prva godina. Radi lakše uočljivosti brojale su se tanje pruge, a svakoj jedinki je zatim zabilježena starost.

#### **2.4. Morfometrijska analiza kralješka i godišnjih prstenova**

Radijus tijela kralješka (RK) je izmjereno na Zeiss Stemi 2000-C lupi. Radijus se mjerio od fokusa, duž osi vanjskog dijela kralješka, do vanjskog ruba kralješka (Slika 13). Ukupna dužina tijela je uspoređena s radijusom kralješka kako bi se utvrdilo da li je rast kralješka proporcionalan somatskom rastu životinje.



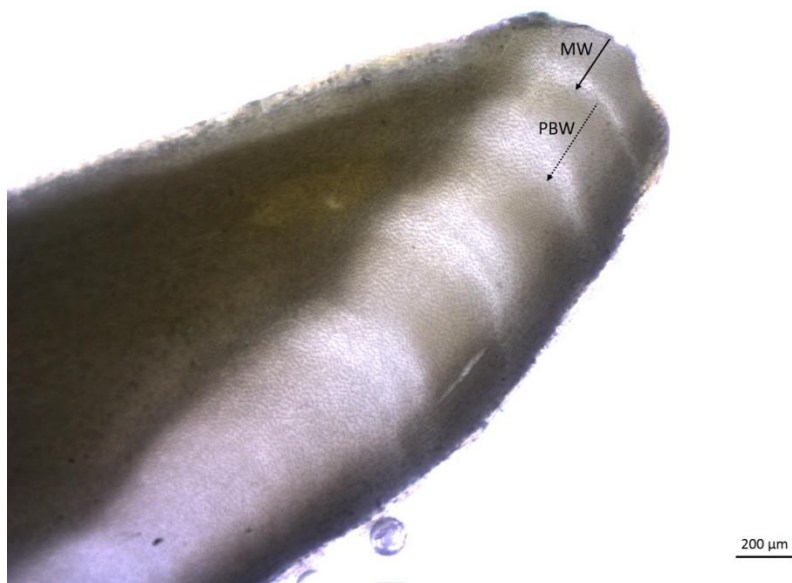


Slika 13. Pas mekuš kojemu je određena starost od deset godina. RK = radijus kralješka, OR= oznaka rođenja, 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 = godišnji prstenovi rasta.

Kako bi se procijenila vremenska periodičnost nastanka jednog godišnjeg prstena, rabila se analiza rubnog prirasta (MIA). Izmjerena je udaljenost od zadnje formirane tanke pruge do ruba kralješka (MW), te je izmjerena širina prethodno formiranog godišnjeg prstena (PBW) (Slika 14). Omjer rubnog prirasta (MIR) je određen formulom (prema Conrath i sur. 2002):

$$\text{MIR} = \text{MW}[\mu\text{m}] / \text{PBW}[\mu\text{m}]$$

S obzirom da se analizira omjer rubnog prirasta (MIR) u juvenilnih životinja, kada su godišnji prstenovi vidljiviji i deblji zbog ubrzanog rasta životinja (Conrath i sur. 2002), u ovom radu analizirane su životinje  $\text{DT} < 100$  cm, i njihov MIR je uspoređen s mjesecom ulova. Tek rođene životinje su izuzete iz analize budući da nemaju još formirani godišnji prsten (Goldman 2004), a za morske pse od jedne godine starosti, širina prirasta je podijeljena s udaljenošću do oznake rođenja (Conrath i sur. 2002). Dobivene MIR vrijednosti su zatim uspoređene s mjesecom ulova kako bi se odredila vremenska periodičnost nastanka godišnjeg prstena. Mjerenja su izvedena na svjetlosnom mikroskopu Nikon Eclipse E600 pomoću programa za analizu slike Lucia G (verzija 4.8).



Slika 14. Prikaz mjerenja u svrhu analize rubnog prirasta, MW = udaljenost od zadnje formirane tanke pruge do ruba kralješka, PBW = širina prethodno formiranog godišnjeg prstena.

## 2.5. Modeli rasta

Za određivanje modela somatskog rasta korišten je najčešće upotrebljavani model u analizama rasta hrskavičnjača, troparametrijska von Bertalanffyeva funkcija rasta (3VBGF; Bertalanffy 1938), prikazana formulom:

$$L_t = L_{inf} (1 - e^{-k(t-t_0)})$$

gdje je  $L_t$  dužina životinje pri  $t$  starosti,  $L_{inf}$  je asimptotska maksimalna dužina tijela psa mekuša,  $k$  je koeficijent rasta (jedinica:  $\text{god}^{-1}$ ), a  $t_0$  je godina starosti kada je teoretska dužina životinje bila jednaka nuli (Ricker 1979). Za procjenu parametara von Bertalanffyve funkcije ( $L_{inf}$ ,  $k$  i  $t_0$ ) korištena je nelinearna regresija metodom najmanjih kvadrata u programu FISHPARM (Fisheries Science Applications System package; Prager i sur. 1987; Saila i sur. 1988).

## 2.4. Statistička obrada podataka

Tip raspodjele podataka testiran je Kolmogorov-Smirnov testom. S obzirom da raspodjela podataka nije slijedila normalnu distribuciju (Kolmogorov-Smirnov test  $p < 0,05$ ) u statističkim analizama korišteni su neparametrijski testovi.

Postojanje razlika u somatskom rastu testirano je usporedbom ukupne dužine tijela te ukupne težine tijela, pomoću Mann-Whitney U testa. Odnos dužine tijela životinja i promjera kralješaka analiziran je pomoću Spearmanove korelacije, posebno za mužjake i ženke. Postojanje razlika među spolovima u odnosu na dužina tijela životinja i promjer kralješaka analizirano je pomoću ANCOVA testa.

Da bi se utvrdilo da li postoje razlike u starosnoj distribuciji životinja među spolovima korišten je Mann-Whitney U test. Razlike u sezonskoj distribuciji životinja prema dužini tijela životinja i starosnoj distribuciji analizirane su Kruskal-Wallis testom. U slučajevima kad su rezultati bili statistički značajni ( $p < 0,05$ ), dodatno je korišten *post-hoc* Mann-Whitney U test (Dytham, 2003). U analizi vremenske raspodjele nalaza, kalendarska godina je podijeljena na četiri godišnja doba: proljeće (21.03. – 21.06.), ljeto (21.06. – 23.09.), jesen (23.09. – 21.12.) i zima (21.12. – 21.03.).

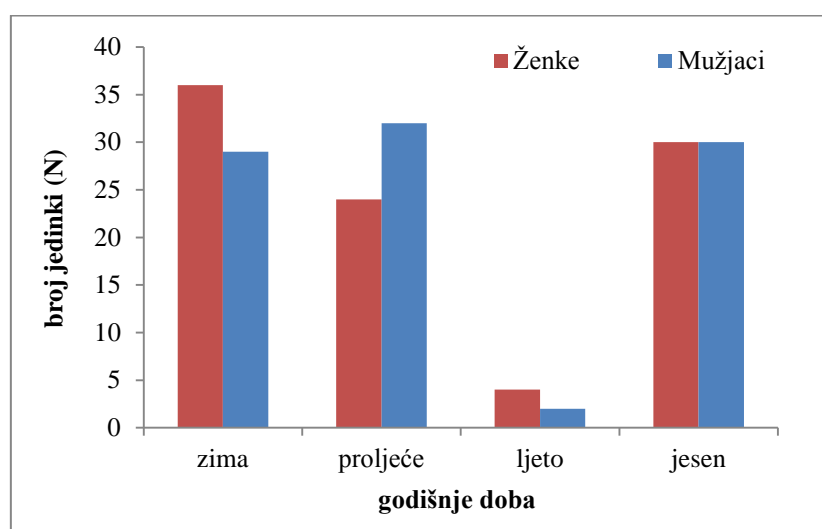
Sve statističke analize rađene su u programu SPSS 15.0 za Windows (SPSS Inc., SAD).

### 3. Rezultati

#### 3.1. Sezonska raspodjela nalaza psa mekuša

Od ukupno 193 ulovljene životinje, morfometrijskom i skeletokronološkom metodom je obrađeno njih 187, dok je šest kralješaka izbačeno iz daljnjih analiza zbog oštećenosti ili nečitljivih zona prirasta.

U ukupno analiziranih 187 jedinki, utvrđene su 94 ženke i 93 mušjaka, čime je odnos spolova u promatranom uzorku bio 1:1. Iako su promatrači prikupljali životinje tijekom svih godišnjih doba, ulov psa mekuša je bio najmanji tijekom ljetnih mjeseci. Najveći broj ženki je ulovljen tijekom zime, a najveći broj mušjaka u proljeće (Slika 15).



Slika 15. Vremenska raspodjela ulova analiziranih životinja (N=187).

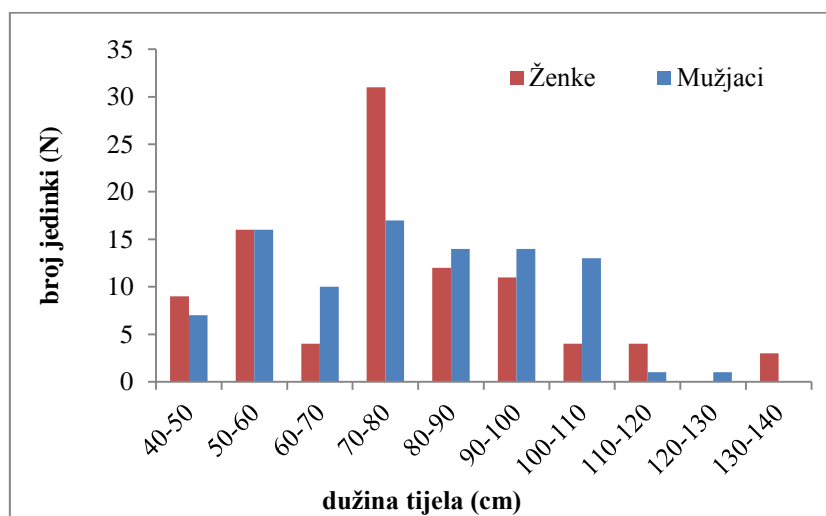
#### 3.2. Veličinska raspodjela ulovljenih životinja

Raspon ukupnih dužina tijela za 94 ženke i 93 mušjaka je bio između 44,6 i 136,2 cm izmjerenih jedinki. Srednje vrijednosti i raspon dužina tijela izmjerenih životinja prikazan je u tablici 1.

Tablica 1. Rezultati mjerenja ukupne dužine tijela psa mekuša u sjevernom Jadranu.

Ukupna dužina tijela (cm)	Ženke	Mušjaci	Ukupno mušjaci i ženke
srednja vrijednost ± SD	76,5 ± 20,4	77,7 ± 19,5	77,1 ± 19,9
minimum	46,8	44,6	44,6
maksimum	136,2	126,5	136,2

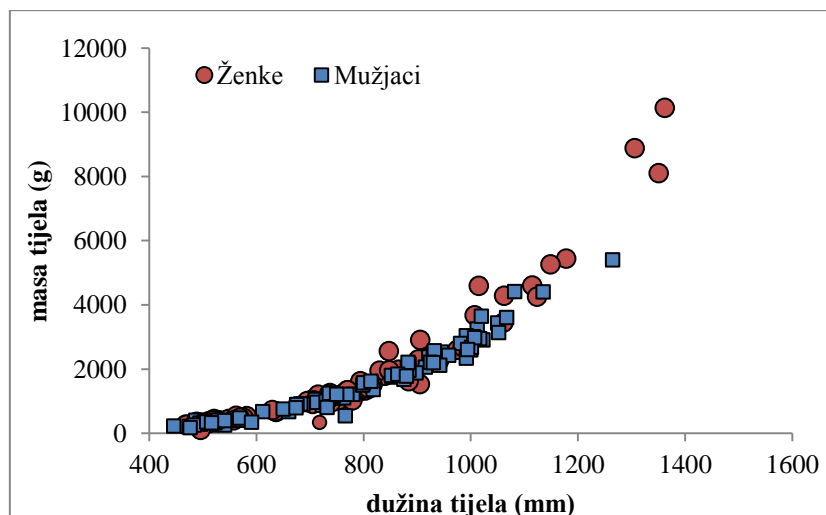
Najveći broj prikupljenih ženki bio je dužine između 70-80 cm (32,9 %), dok se najveći broj prikupljenih mužjaka kretao između 50-60 cm (17,2 %) i 70-80 cm (18,3 %) DT (Slika 16).



Slika 16. Veličinska raspodjela analiziranih jedinki psa mekuša (N=187).

### 3.3. Morfometrijske razlike među spolovima

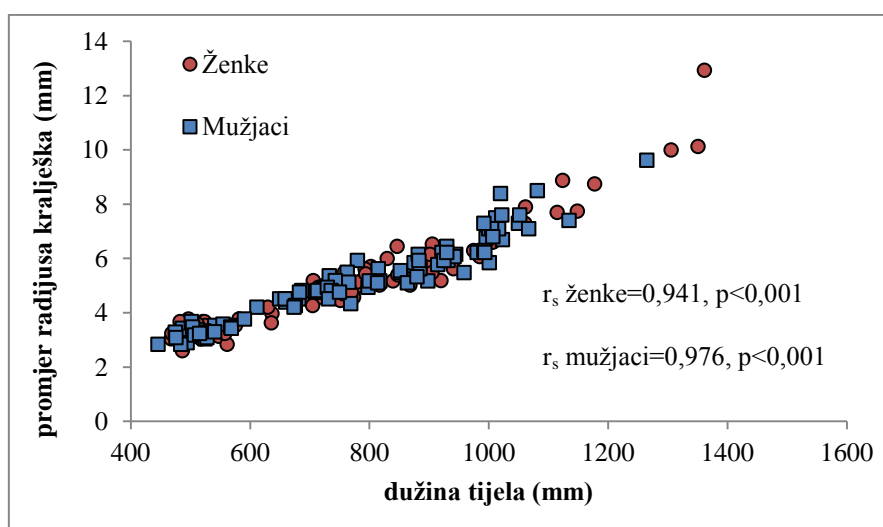
Odnos dužine tijela i mase tijela analiziranih jedinki je prikazan na slici 17.



Slika 17. Odnos dužine tijela i mase tijela jedinki psa mekuša.

Nisu utvrđene značajne razlike u dužinama tijela između mužjaka i ženki (Mann-Whitney  $U = 4109,5$ ,  $p = 0,480$ ), niti u ukupnoj težini tijela između mužjaka i ženki (Mann-Whitney  $U = 4083,0$ ,  $p = 0,774$ ).

Odnos promjera kralješaka i dužine tijela životinja, prikazan odvojeno po spolovima na slici 18, pokazuje značajnu pozitivnu korelaciju, potvrđenu rezultatima Spearmanove korelacije ( $r_s$ ).

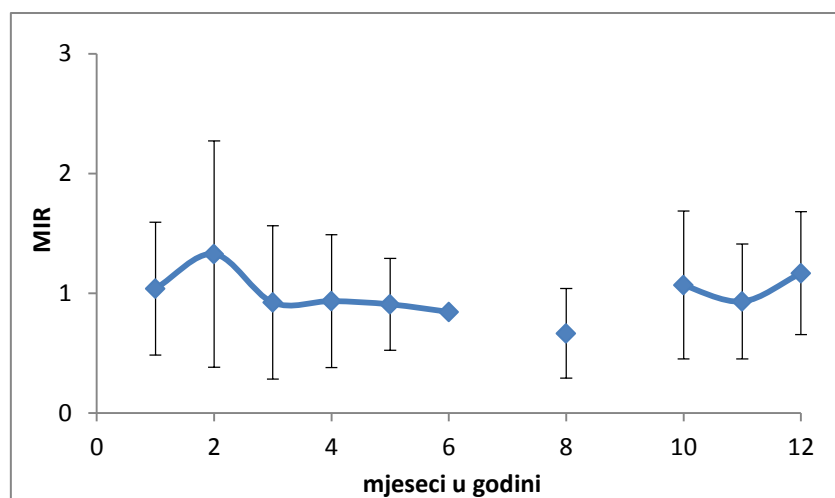


Slika 18. Odnos radijusa kralješaka i dužine tijela, s rezultatima Spearmanove korelacije ( $r_s$ ).

Nisu ustanovljene značajne razlike u odnosu dužine tijela životinja i promjera kralješaka među spolovima (ANCOVA  $F = 0,187$ ,  $p = 0,666$ ).

### 3.4. Analiza rubnog prirasta (MIA)

Analizom rubnog prirasta potvrđeno je formiranje prstena rasta jednom godišnje. Najveći rubni prirast je primijećen kod životinja koje su ulovljene tijekom veljače. Nagli pad u širini rubnog prirasta koji se javlja tijekom ožujka ukazuje da se zimska pruga vjerojatno formira krajem veljače ili početkom ožujka (Slika 19). Tijekom srpnja i kolovoza nisu uhvaćeni psi mekušci zbog čega za te mjesece izostaju podaci.



Slika 19. Srednje vrijednosti i standardne devijacije omjera rubnog prirasta (MIR) u odnosu na mjesec ulova analiziranih morskih pasa.

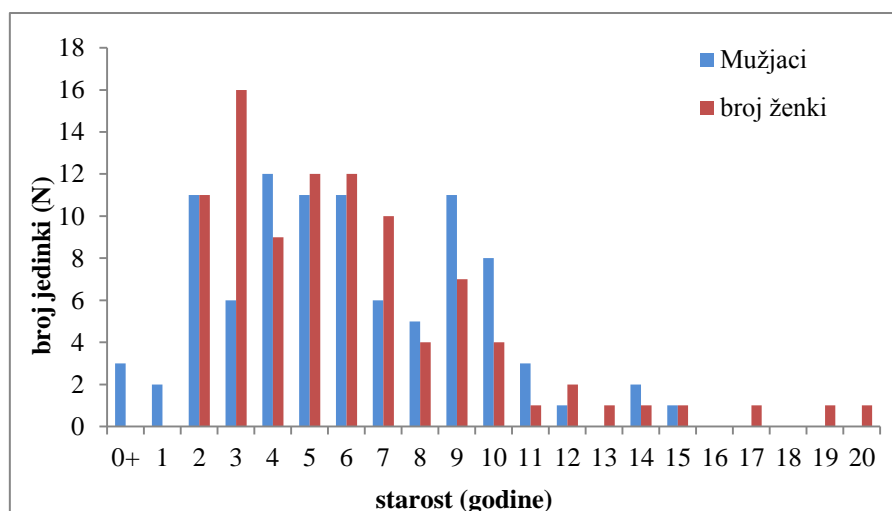
### 3.5. Starosna raspodjela

Od ukupnog broja analiziranih ženki najzastupljenije su ženke od 3+ (17 %) godine starosti, također veliku zastupljenost imaju ženke od 5+ (12,8 %) i 6+ (12,8 %) godina starosti (Slika 20). Najmlađe ženke imaju dvije godine, a zastupljenost im je visoka te iznosi 11,7 %. Najstarija jedinka kojoj je određena starost je ženka od 20 godina (Tablica 2).

Od ukupnog broja analiziranih mužjaka kojima je određena starost, najzastupljenije jedinke (12,9 %) imaju 4+ godine (Slika 20). Jednaku zastupljenosti od 11,8 % imaju mužjaci od 2+, 5+, 6+ i 9+ godina starosti. Najmlađi mužjaci koji još nisu navršili prvu godinu života, označeni su kao životinje s 0+ godina starosti. Zastupljenost 0+ (3,2 %) mužjaka i onih od 1+ godine starosti (2,2 %) je niska. Najstariji mužjak ima 15 godina (Tablica 2).

Tablica 2. Rezultati određivanja starosti za mužjake i ženke psa mekušca u sjevernom Jadranu.

Starost (godine)	Ženke	Mužjaci	Ukupno mužjaci i ženke
srednja vrijednost ± SD	6,1 ± 3,7	6,0 ± 3,3	6,1 ± 3,5
minimum	2	0+	0+
maksimum	20	15	20



Slika 20. Starosna raspodjela analiziranih jedinki psa mekuša (N=187).

### 3.6. Veličinska i starosna distribucija životinja

Rezultati Kruskal-Wallis neparametrijskog testa pokazali su da postoji značajna razlika među sezonama u veličinskoj distribuciji životinja ( $p < 0,01$ ) i starosnoj distribuciji ( $p < 0,01$ ). Upotrebom *post-hoc* Mann-Whitney U testa uočeno je da je zimska sezona statistički značajno drukčija u odnosu na ostala godišnja doba, budući da tijekom zime u analiziranoj skupini životinja prevladavaju životinje manjih dužina tijela (srednja vrijednost DT:  $654,5 \pm 196,1$  mm) i mlađe životinje (Tablica 3; Tablica 4).

Tablica 3. Srednje vrijednosti i standardne devijacije (SD) dužina tijela i starosti životinja prikazanih prema sezonama ulova psa mekuša u sjevernom Jadranu.

	Broj jedinki (N)	Dužina tijela (mm)	Starost (godine)
		srednja vrijednost $\pm$ SD	srednja vrijednost $\pm$ SD
proljeće	56	$817,9 \pm 198,64$	$6,68 \pm 3,81$
ljet	6	$880,7 \pm 77,38$	$6,33 \pm 1,51$
jesen	60	$842,0 \pm 150,77$	$7,33 \pm 3,37$
zima	65	$654,5 \pm 196,1$	$4,37 \pm 2,88$



Tablica 4. Rezultati Mann-Whitney U testa prikazuju razlike u sezonskoj distribuciji analiziranih životinja, s obzirom na dužine tijela životinja i starost jedinki.

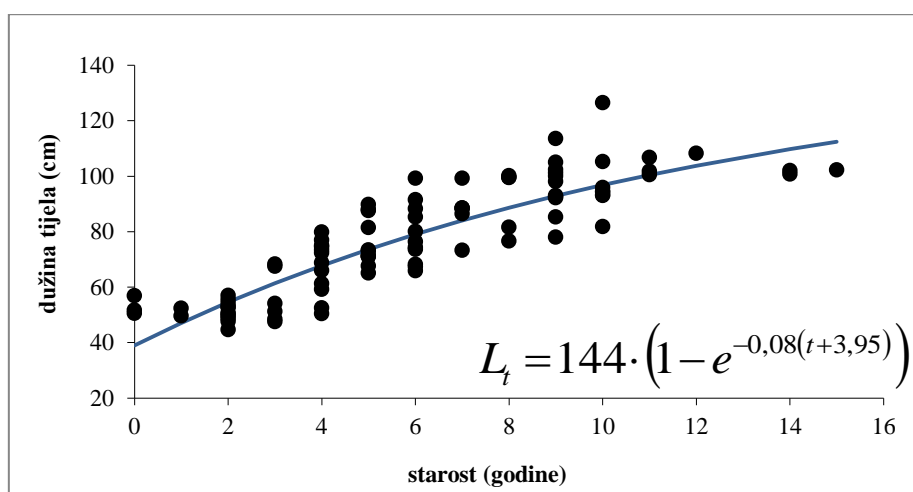
	Dužina tijela (mm)	Starost (godine)
proljeće - ljeto	U=117,0, p=0,236	U=159,0, p=0,844
proljeće - jesen	U=1545,0, p=0,456	U=1446,0, p=0,194
proljeće - zima	U=988,0, p<0,001*	U=1099,5, p<0,001*
ljeto - jesen	U=137,0, p=0,352	U=158,5, p=0,640
ljeto - zima	U=67,0, p=0,006*	U=97,5, p=0,042*
jesen - zima	U=870,5, p<0,001*	U=908,5, p<0,001*

\*Statistički značajan rezultat (p < 0,05)

Usporedbom starosne dobi analiziranih mužjaka i ženki mekuša nisu ustanovljene statistički značajne razlike u starosnoj distribuciji među spolovima (Mann-Whitney U=4254,0, p=0,751).

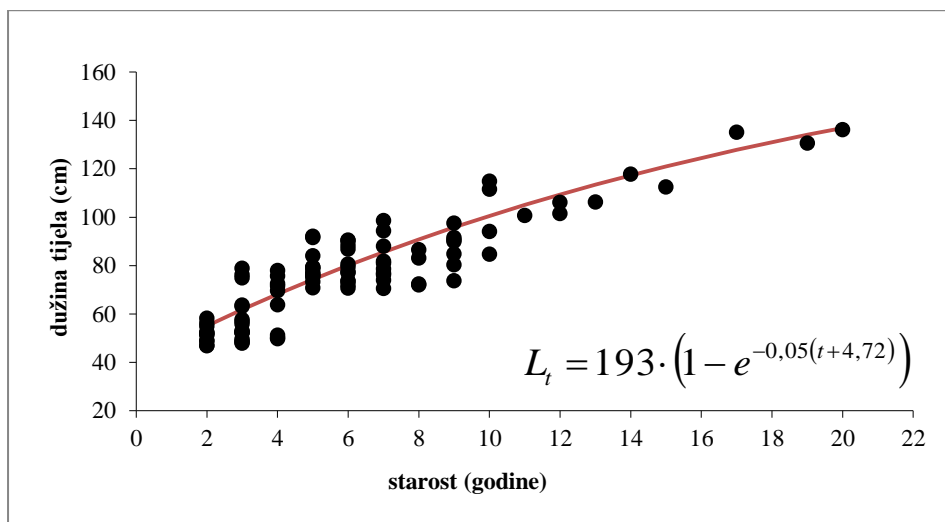
### 3.7. Brzine somatskog rasta

Izračunati parametri troparametrijske von Bertalanffyve funkcije rasta za mužjake su bili  $L_{inf} = 144,00$  cm,  $k = 0,08$  i  $t_o = -3,95$  (Slika 21).



Slika 21. Von Bertalanffyeva funkcija rasta za mužjake psa mekuša u sjevernom Jadranu.

Tropometrijska von Bertalanffyeva funkcija rasta za ženke je imala parametre  $L_{inf} = 193,00$  cm,  $k = 0,05$  i  $t_o = -4,72$  (Slika 22). U usporedbi s mužjacima, ženke su imale veći  $L_{inf}$  te niže vrijednosti  $k$  koeficijenta rasta.



Slika 22. Von Bertalanffyeva funkcija rasta za ženke psa mekuša u sjevernom Jadranu.

## 4. Rasprava

---

Rezultati ovoga rada daju prve informacije o starosti i brzini rasta morskog psa mekuša u Jadranskom moru. Analizirano je 187 životinja prikupljenih u sjevernom Jadranu, pri čemu je najviše primjeraka ulovljeno tijekom zime, proljeća i jeseni. Mali broj životinja je ulovljen tijekom ljetnih mjeseci pa se pretpostavlja da zbog sezonskih migracija, kada su povišene temperature mora, odlaze u dublje dijelove mora.

Maksimalne dužine tijela izmjerene u ovom istraživanju iznose 136,2 cm za ženke i 126,5 cm za mužjake. Te dužine su značajno manje od 191 cm i 182 cm DT koje su zabilježene za ženke i mužjake psa mekuša na obali Tunisa (Capape i Quignard 1977). Ipak, u novijem istraživanju iz 2009. godine (Saïdi i sur. 2009) na obali Tunisa, najveća izmjerena ženka je imala 122 cm DT, dok je najveći mužjak imao 111 cm DT. Stoga se čini da se prosjek dužina tijela ulovljenih životinja smanjuje te da se u Sredozemnom moru love životinje manjih duljina. Takve razlike u duljinama su najvjerojatnije odgovor na povećani intenzitet ribolova i izlovljavanje najvećih životinja u populaciji koji se odvija u čitavom Sredozemnom moru.

Na istočnoj jadranskoj obali provedeno je istraživanje u razdoblju od 2001. do 2003. godine kada su izmjerene maksimalne dužine psa mekuša iznosile 111,3 cm (Jardas i sur. 2007a). Maksimalna dužina psa mekuša zabilježena u istraživanju Lipeja i sur. (2011) na prostoru sjevernog Jadrana iznosila je 135 cm DT, što je približno jednako našoj vrijednosti. Slične veličine tijela ima i srodna vrsta *Mustelus mustelus*, za koju Jardas i sur. (2007b) u svome istraživanju na području istočnog Jadrana bilježe jedinke maksimalne dužine tijela do 137 cm, dok istraživanje na istoj vrsti provedeno u sjevernom Jadranu bilježi maksimalne dužine tijela do 152 cm (Gračan i sur. 2014).

Usporedbom dužine i mase tijela između mužjaka i ženki, u ovom istraživanju nisu potvrđene razlike u veličini i masi tijela, a time i spolni dimorfizam. Iako su najveće i najteže životinje u istraživanom uzorku bile ženke (Slika 18), zbog malog broja većih životinja ta razlika nije bila statistički značajna. Postojanje spolnog dimorfizma za ovu vrstu su potvrdili Saïdi i sur. (2009) u svome istraživanju, gdje se ženke i mužjaci psa mekuša nisu međusobno razlikovali do 80 cm DT, ali poslije su ženke bile teže od mužjaka pri sličnim dužinama tijela.

Analiza rubnog prirasta (MIR) potvrdila je stvaranje jednog prstena godišnje u kralješnici i samu skeletokronološku metodu kao primjerenu za određivanje starosti. Iako je analiza provedena na manjim životinjama do 100 cm DT, pretpostavlja se da je mehanizam

formiranja godišnjih prstenova isti i za najveće/najstarije životinje. Rezultat MIR-a koji ukazuje da se zimska pruga formira tijekom usporenog rasta životinja i postaje vidljiva tijekom ožujka kada se rast opet ubrzava odgovara sezonskom ciklusu životinja u Jadranskom moru. Međutim, s obzirom da postoji veliki broj varijabli koje utječu na sezonski rast životinja, za sve hrskavičnjače se preporuča upotreba dodatnih metoda koje će potvrditi godišnje formiranje prstenova rasta. Jedan od načina je primjenom tetraciklina koji se injektira u tijelo markirane i zatim puštene jedinke. Tim jedinkama se nakon ponovnog ulova analizira rast koštanog tkiva od zadnjeg ulova koji je na kostima markiran tetraciklinom. Oksitetraciklin (OTC) je antibiotik koji se veže za kalcij, a odlaže se na mjestu aktivne kalcifikacije, te omogućuje veliku vidljivost oznaka rasta promatrano pod ultraljubičastim svjetlom (Goldman 2004).

Starosnom raspodjelom utvrđeno je kako su mužjaci od 4 godine i ženke od 3 godine starosti najzastupljenije u uzorku. Također najvećem broju jedinki je starost procijenjena između dvije i devet godina starosti (Slika 20). Malu zastupljenost imaju i jedinke od 0+ i jedne godine starosti, pa pretpostavljamo kako se mladunčad vjerojatno zadržava u visoko produktivnim zaklonjenim staništima. Sezonska distribucija nalaza pokazala je da postoje razlike u starosti i veličini životinja tijekom godine, odnosno da tijekom zime prevladavaju manje i mlađe životinje. Taj rezultat najvjerojatnije je povezan s reproduktivnim ciklusom životinja, budući da se starije životinje okupljaju radi parenja u određenom dijelu godine. S obzirom da rezultati ovoga rada pokazuju da starije životinje prevladavaju tijekom ljeta i jeseni, moguće je da se parenje odvija u tom periodu.

Ovo je prvo istraživanje koje je procijenilo starosti i brzinu somatskog rasta vrste psa mekušca u Jadranskom moru. Parametri rasta su procijenjeni pomoću troparametrijske von Bertalanffyeve funkcije. Iako se preporuča upotreba različitih funkcija rasta, kako bi se opisao rast vrste (Goldman 2004), ova funkcija se rabila zbog njene jednostavne uporabe i na temelju preporuke druge literature. Tako su Farrell i sur. (2010) pomoću troparametrijske von Bertalanffyeve funkcije dobili biološki prihvatljivije vrijednosti  $L_{inf}$  za mužjake i ženke u odnosu na Gompertzovu funkciju rasta koja je pružila statistički bolje vrijednosti. Dobivene vrijednosti maksimalne asimptotske dužine tijela ( $L_{inf}$ ) u ovom istraživanju iznose 144,00 cm za mužjake i 193,00 cm za ženke. S obzirom da je dužina najveće i najstarije izmjerene ženke iznosila 136,2 cm i njena starost je procijenjena na 20 godina, dok je najveći mužjak imao 126,5 cm i procijenjenu starost na 10 godina, rezultati von Bertalanffyeve funkcije su biološki prihvatljiviji za mužjake negoli za ženke.

Brzina somatskog rasta je kompleksna fenotipska karakteristika, ograničena genetskim faktorima i kontrolirana ekološkim čimbenicima poput temperature i ishrane. Odvija se kontinuirano tijekom cijelog života, a mjeri se kao promjena u dužini životinje (cm) u vremenu unutar jedne godine (god.). Brzine rasta u dužinu i masu se razlikuju među vrstama, populacijama i razvojnim stadijima te su puno veće tijekom prve godine života (Goldman 2004). Vrijednost koeficijenta rasta ( $k$ ) za ženke psa mekuša iznosi  $0,05 \text{ god}^{-1}$ , a za mužjake  $0,08 \text{ god}^{-1}$ . Prema istraživanjima o starosti i brzini rasta provedenim na ostalim pripadnicima roda *Mustelus*, procijenjen je širok raspon vrijednosti koeficijenta rasta od  $0,06$  do  $0,42 \text{ god}^{-1}$  za ženke i  $0,1$  do  $0,695 \text{ god}^{-1}$  za mužjake (Tanaka i Mizue 1979; Yudin i Cailliet 1990; Francis i Francis 1992; Moulton i sur. 1992; Yamaguchi i sur. 1996; Goosen i Smale 1997; Conrath i sur. 2002; Farrell i sur. 2010). Usporedbom koeficijenta rasta psa mekuša s ostalim pripadnicima roda *Mustelus*, čini se da je pas mekuš spororastuća vrsta, koja je izrazito osjetljiva na izlov (Tablica 5). Dobivene  $k$  vrijednosti su najniže dosad zabilježene za rod *Mustelus*, dok je asimptotska maksimalna duljina psa mekuša unutar raspona dosad zabilježenih  $L_{inf}$  vrijednosti, koje se kreću od  $L_{inf} = 71,4$  i  $88,6 \text{ cm}$  za mužjake i ženke *M. manazo* (Tanaka i Mizue 1979) do  $L_{inf} = 155,9$  i  $233,6$  za mužjake i ženke *M. antarcticus* (Moulton i sur. 1992). S obzirom da ženke imaju duži životni vijek, dosegnu veće maksimalne dužine tijela, sporije rastu u dužinu te pritom ulažu više energije u reprodukciju (pri čemu se njihova težina višestruko povećava tijekom trudnoće), dobivene razlike u vrijednostima koeficijenta rasta su očekivane.

Ustanovljenim razlikama u  $k$  koeficijentu među istraživanim populacijama mogu pridonijeti i ekološki čimbenici poput temperature i saliniteta mora, te mali broj uzoraka ili nezastupljenost svih veličinskih kategorija. Dosadašnje studije na morskim psima su zabilježile regionalne varijacije u somatskom rastu za vrstu *Sphyrna tiburo* (Lombardi – Carlson i sur. 2003), *Carcharhinus acronotus* (Driggers i sur. 2004) te za vrstu *M. manazo* (Yamaguchi i sur. 1998). Frisk i Miller (2006) su utvrdili da analizirane populacije raže (*Leucoraja erinacea*) iz sjeverozapadnog Atlantskog oceana imaju sporije brzine rasta i veće maksimalne dužine tijela od populacija koje su smještene južnije, a slične karakteristike su potvrđene za još tri vrste raža (Licandeo i Cerna 2007; McPhie i Campana 2009). Beverton i Holt (1959) su predložili hipotezu da brzina somatskog rasta ovisi o temperaturama mora koje imaju direktan utjecaj na metabolizam riba.

Tablica 5. Pregled procijenjenih von Bertalanffyevih parametara rasta za rod *Mustelus*.

Vrsta	Spol	$k$	$L_{inf}$	$t_0$	Autor i godina
<i>M. californicus</i>	M+Ž	0,168	154,4	-1,271	Yudin i Cailliet (1990)
<i>M. henlei</i>	M+Ž	0,244	97,7	-1,296	Yudin i Cailliet (1990)
<i>M. manazo</i>	M	0,695	71,4	-0,734	Tanaka i Mizue (1979)
	Ž	0,379	88,6	-1,113	
<i>M. manazo</i>	M	0,120	124,1	-2,59	Yamaguchi i sur. (1996)
	Ž	0,113	134,1	-2,55	
<i>M. lenticulatus</i> (Pegazov zaljev)	M	0,10			Francis i Francis (1992)
	Ž	0,40			
<i>M. lenticulatus</i> (Harakai zaljev)	M	0,16			Francis i Francis (1992)
	Ž	0,42			
<i>M. antarcticus</i>	M	0,160	155,9	-1,94	Moulton i sur. (1992)
	Ž	0,094	233,6	-2,05	
<i>M. mustelus</i>	M	0,12	1451	-2,14	Goosen i Smale (1997)
	Ž	0,06	2049	-3,55	
<i>M. canis</i>	M	0,440	105,17	-1,524	Conrath i Musick (2002)
	Ž	0,292	123,57	-1,943	
<i>M. asterias</i>	M	0,195	103,7		Farrell i sur. (2010)
	Ž	0,146	123,5		
<i>M. punctulatus</i>	M	0,08	144,0	-3,95	Ovo istraživanje
	Ž	0,05	193,0	-4,72	

Niske vrijednosti koeficijenta rasta mogu također biti posljedica nedostataka velikih životinja u uzorku jer prema Francis i Francis (1992) mala zastupljenost malih/velikih životinja u uzorku može uzrokovati lošije procijene parametara pri uporabi von Bertalanffyevog modela. Kako su naše vrijednosti niže u usporedbi s dosadašnjim istraživanjima, treba ih razmotriti s oprezom zbog poteškoća vezanih uz određivanje starosti. Prema Castanet i Smirina (1990) zbog tih poteškoća poput lažnih prstenova, skeletokronologija se ne može smatrati „rutinskom“ metodom u strogom smislu (lat. *sensu stricto*). Upotreba kostiju zahtijeva razumijevanje histomorfogeneze, koja se razlikuje između vrsta, a pogrešno tumačenje dinamike rasta kostiju dovodi do krivih rezultata (Castanet i Smirina 1990). U ovom istraživanju starost je procijenio jedan čitač, čime se smanjuje objektivnost procjene. Stoga je potrebno provesti određivanje starosti između više neovisnih čitača, te odrediti postotak podudarnosti među njima (Goldman 2004).

Malo je podataka o biologiji i ekologiji psa mekuš u Jadranskom moru, stoga je teško sa sigurnošću donijeti zaključke pa se može govoriti samo o pretpostavkama. Postoje istraživanja provedena na vrstama unutar roda *Mustelus*, no ona nisu najpogodniji za usporedbu, budući da uzorak rasta jedne vrste nije reprezentativan za drugu vrstu, a osim toga žive u različitim uvjetima okoliša koji utječu na brzinu rasta. Ovo istraživanje je provedeno kako bi dobili nova saznanja o biologiji ove vrste, kao i o okvirnom stanju populacije. Pas mekuš je trenutno svrstan u kategoriju nedovoljno poznate svojte, prema IUCN regionalnom popisu hrskavičnih riba Sredozemnog mora. Rezultati ovoga rada o veličinskoj distribuciji ulovljenih životinja i procijenjenog koeficijenta brzine rasta ukazuju da je potrebno pažljivo planiranje i održivo upravljanje ovom komercijalnom vrstom. Mali broj velikih, spolno zrelih životinja i spori somatski rast ukazuju na osjetljivost ove vrste na prekomjerni izlov i promjene uvjeta u okolišu zbog antropogene aktivnosti. Stoga su ovakva istraživanja biologije vrste i precizni podaci o ulovu u Jadranu nužni kako bi se, prema potrebi, predložile mjere zaštite i primjereno upravljanje ovom komercijalnom vrstom.

## 5. Zaključak

---

U ovom radu ukupno je obrađeno 187 jedinki morskog psa mekuša (94 ženke i 93 mužjaka). Izmjerena ukupna dužina tijela (DT) ženki kretala se od 46,8 do 136,2 cm (srednja vrijednosti  $76,5 \pm 20,4$ ), dok se ukupna dužina mužjaka kretala od 44,6 do 126,5 cm (srednja vrijednost  $77,7 \pm 19,5$ ). Najzastupljenije su jedinke između 70 i 80 cm DT.

Za određivanje starosti korištena je skeletokronološka metoda, obzirom da je analiza rubnog prirasta (MIR) potvrdila stvaranje smo jednog prstena godišnje.

Od ukupnog broja analiziranih ženki najzastupljenije su ženke od tri godine starosti (17 %), dok od ukupnog broja mužjaka, kojima je određena starost, najzastupljenije su jedinke od četiri godine (12,9 %). Najstarijoj ženki je starost procijenjena na 20 godina, a najstarijem mužjaku na 15 godina.

Uporabom von Bertalanffyevog modela procijenjeni su parametri rasta:  $k = 0,05 \text{ god}^{-1}$ ,  $L_{inf} = 193,00 \text{ cm}$  i  $t_o = -4,72$  za ženke i  $k = 0,08 \text{ god}^{-1}$ ,  $L_{inf} = 144,00 \text{ cm}$  i  $t_o = -3,95$  za mužjake. Prema dobivenim vrijednostima, pas mekuš je spororastuća vrsta, koja je izrazito osjetljiva na izlov te se od istog sporo oporavlja. Dobivene  $k$  vrijednosti su najniže dosad zabilježene za rod *Mustelus*, dok je asimptotska maksimalna duljina psa mekuša unutar raspona dosad zabilježenih  $L_{inf}$  vrijednosti.

Obzirom da je mekuš, *Mustelus punctulatus* komercijalno iskorištavana vrsta u Jadranu, a malo je poznata njezina biologija, potrebno je nastaviti i proširiti istraživanja kako bi se lokalna populacija očuvala.



## 6. Literatura

---

Abdulla A. (2004): Status and Conservation of Sharks in the Mediterranean Sea. IUCN Technical Paper. 7 str.

Bailly N. (2014): *Mustelus punctulatus* Risso. 1827. U: Froese R. i D. Pauly. Editors. (2014) FishBase. Pristupljeno putem: Costello M. J., Bouchet P., Boxshall G., Arvanitidis C., Appeltans W. (2014) European Register of Marine Species (<http://www.marbef.org/data/erms.php>). Pristupljeno 6 prosinca 2014. godine.

Bertalanffy Lv (1938): A quantitative theory on organic growth. Human Biology **10**: 181-213.

Beverton R. J. H., Holt S. J. (1959): A review of the lifespan and mortality rates of fish in nature, and the relation to growth and other physiological characteristics. U: Wolstenholme GEW, O'Connor M (ed.) The lifespan of animals. CIBA Foundation Colloquia on ageing, Volume 5, Little, Brown and Co, Boston, MA, USA. 144-177.

Cailliet G. M., Smith W. D., Mollet H. F., Goldman K. J. (2006): Age and growth studies of chondrichthyan fishes: the need for consistency in terminology, verification, validation, and growth function fitting. Springer. Environmental Biology of Fishes **77**: 211-228.

Campana S. E. (2014): Age determination of elasmobranchs, with special reference to Mediterranean species: a technical manual. Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No. 94. FAO. Rome. 38 str.

Capape C. I., Quignard J. P. (1977): Contribution a la biologie des Triakidae des cotes tunisiennes. I. *Mustelus mediterraneus* Quignard et Capape. 1972: Repartition géographique et bathymetrique, migrations et déplacements, reproduction fécondite. Bulletin de l'Office National des Pêches. Tunisie **1**: 103–122.

Castanet J., Smirina E. (1990): Introduction to the skeletochronological method in amphibians and reptiles. Annales des Sciences Naturelles. Zoologie **11**: 191-196.

Conrath C. L., Gelsleichter J., Musick J. A. (2002): Age and growth of the smooth dogfish (*Mustelus canis*) in the Northwest Atlantic Ocean. Fishery Bulletin **100**: 674-682.

Cortés E. (2004): Life History Patterns, Demography, and Population Dynamics. U: Musick J. A., Carrier J. C., Heithaus M. R. (ur): Biology of Sharks and Their Relatives. CRS Press. 449-469.

Cushman-Roisin B., Gačić M., Poulain P. M., Artegiani A. (ed.) (2001): Physical oceanography of the Adriatic Sea. Past, present and future. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Dean M. N., Summers A. P. (2006): Mineralized cartilage in skeleton of chondrichthyan fishes. *Zoology* **109**: 164- 168.

Driggers III W. B., Carlson J. K., Cullum B., Dean J. M., Oakley D., Ulrich G. (2004): Age and growth of the blacknose shark, *Carcharhinus acronotus*, in the western North Atlantic Ocean with comments on regional variation in growth rates. *Environmental Biology of Fishes* **71**: 171-178.

Dytham C. (2003): Choosing and using statistics. A biologist's guide, 2nd edition. Blackwell Science. Melbourne.

DZZP (2014): Morski psi i ostale hrskavičnjače u Jadranu. DZZP- Državni zavod za zaštitu prirode. (<http://www.dzpz.hr/kategorija/clanak/print.php?id=1111>). Pristupljeno 23 studenog 2014. godine.

Egerbacher M., Helmreich M., Mayrhofer E., Böck P. (2006): Mineralisation of hyaline cartilage in the small-spotted dogfish *Scyliorhinus canicula* L. *Scripta Medica* **79** (4):199-212.

Farrell E. D., Mariani S., Clarke M. W. (2010): Age and growth estimates for the starry smoothhound (*Mustelus asterias*) in the Northeast Atlantic Ocean. – *ICES Journal of Marine Science* **67**: 931-939.

Ferretti F., Osio G. C., Jenkins C. J., Rosenberg A. A., Lotze H. K. (2013): Long-term change in a meso-predator community in response to prolonged and heterogeneous human impact. *Scientific Reports* **3**: 1057.

Francis M. P., Francis R. (1992): Growth-rate estimates for New-Zealand rig (*Mustelus lenticulatus*). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* **43**: 1157- 1176.

- Frisk M. G., Miller T. J. (2006): Age, growth, and latitudinal patterns of two Rajidae species in the northwest Atlantic: little skate (*Leucoraja erinacea*) and winter skate (*Leucoraja ocellata*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences **63**: 1078-1091.
- Goldman K. J. (2004): Age and growth of elasmobranch fishes. U: Musick J. A., Bonfil R. (ur.): Elasmobranch fisheries management techniques. IUCN Shark Specialist Group/ APEC Fisheries Working Group. Singapore. 97-132.
- Goldman K. J., Cailliet G. M., Andrews A. H., Natanson L. J. (2012): Assessing the Age and Growth of Chondrichthyan Fishes. U: Carrier J. C., Musick J. A., Heithaus M. R. (ur.): Biology of Sharks and their Relatives. Edition 2. CRC Press. Boca Raton. Florida. 423-452.
- Goosen A. J. J., Smale M. J. (1997): A preliminary study of age and growth of the smooth-hound shark *Mustelus mustelus* (Triakidae). South African Journal of Marine Science **18**: 85-91.
- Gračan R., Mladineo I., Lazar B. (2014): Insight into the diet composition and gastrointestinal parasite community of the common smooth-hound, *Mustelus mustelus* (Carcharhiniformes: Triakidae), in the northern Adriatic Sea. Natura Croatica **23** (1): 35-44.
- Jardas I., Šantić M., Nerlović V., Pallaoro A. (2007a): Diet composition of blackspotted smooth-hound, *Mustelus punctulatus* (Risso, 1826), in the eastern Adriatic Sea. Journal of Applied Ichthyology **23**: 279-281.
- Jardas I., Šantić M., Nerlović V., Pallaoro A. (2007b): Diet of the smooth-hound, *Mustelus mustelus* (Chondrichthyes: Triakidae), in the eastern Adriatic Sea. Cybium **31**(4): 459-464.
- Jardas I., Pallaoro A., Vrgoč N., Jukić-Peladić S., Dadić V. (2008): Crvena knjiga morskih riba Hrvatske. Ministarstvo kulture. Državni zavod za zaštitu prirode. Republika Hrvatska.
- Jukić-Peladić S., Vrgoč N., Krstulović-Šifner S., Piccinetti C., Piccinetti-Manfrin G., Marano G., Ungaro N. (2001): Long-term changes in demersal resource of the Adriatic Sea: comparison between trawl surveys carried out in 1948 i 1998. Fisheries Research **53**: 95-104.
- Kapoor B. G., Khanna B. (2004): Ichthyology handbook. Springer. Narosa Publishing House. New Delhi.

- Licandeo R., Cerna F. T. (2007): Geographic variation in life-history traits of the endemic kite skate *Dipturus chilensis* (Batoidea: Rajidae), along its distribution in the fjords and channels of southern Chile. *Journal of Fish Biology* **71**: 421-440
- Lipej I., Mavrič B., Rešek S., Cherif M., Capape C. (2011): Food and feeding habits of the blackspotted smooth-hound *Mustelus punctulatus* (Elassmobranchii: Carcharhiniformes: Triakidae), from the northern Adriatic. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* **41** (3): 171-177.
- Lombardi – Carlson L. A., Cortés E., Parsons G. R., Manire C. A. (2003): Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, *Sphyrna tiburo*, (Carcharhiniformes: Sphyrnidae) from the eastern Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research* **54**: 875-883.
- McPhie R. P., Campana S. E. (2009): Bomb dating and age determination of skates (family Rajidae) off the eastern coast of Canada. *ICES Journal of Marine Science* **66**: 546-560
- Moulton P. L., Walker T. I., Saddler S. R. (1992): Age and growth-studies of gummy Shark, *Mustelus antarcticus* Gunther, and school shark, *Galeorhinus galeus* (Linnaeus), from southern Australian waters. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research* **43**: 1241-1267.
- Musick J. A. (1999): Ecology and Conservation of Long-Lived Marine Animals. *American Fisheries Society Symposium* **23**: 1–10.
- Panfili J., de Pontual H., Troadec H., Wright P. J. (2002): *Manual of fish sclerochronology*. Brest, France: Iframer-IRD coedition.
- Pough F. H., Janis C. M., Heiser J. B. (2005): *Vertebrata life*. Pearson Prentice-Hall. Upper Saddle River. New Jersey.
- Prager M. H., Saila S. B., Recksiek C. W. (1987): FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. Old Dominion University. Department of Oceanography. Norfolk. VA. Technical Report. 87-90.
- Saïdi B., Bradaï M. N., Bouaïn A. (2009): Reproductive biology and diet of *Mustelus punctulatus* (Risso, 1826) (Chondrichthyes: Triakidae) from the Gulf of Gabès, central Mediterranean Sea. *Scientia Marina* **73** (2): 249-258.

Saila S. B., Recksiek C. W., Prager M. H. (1988): Basic fishery science programs. A compendium of microcomputer programs and manual operation. Elsevier Science Publishing Co., New York.

Serena F. (2005): Field identification guide to the sharks and rays of the Mediterranean and Black Sea. FAO Species Identification Guide for Fishery Purposes. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Serena F., Barone M. (2008): Chondrichthyan fishes of Slovenia, Croatia, Bosnia & Herzegovina and Montenegro: Proposal for a Research Programme. Contract RAC/SPA. N°53/2007. 66 str.

Serena F., Mancusi C., Haka F., Morey G., Schembri T. (2009): *Mustelus punctulatus*. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.3. ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)). Pristupljeno 17. studenog 2014. godine.

Tanaka S., Mizue K. (1979): Studies on sharks.15. Age and growth of Japanese dogfish *Mustelus manazo* Bleeker in the East China Sea. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries **45**: 43-50.

UNEP MAP RAC/SPA (2003): Action plan for the conservation of cartilaginous fishes (Chondrichthyans) in the Mediterranean Sea. RAC SPA. Tunis.

Yamaguchi A., Taniuchi T., Shimizu M. (1996): Age and growth of the starspotted dogfish *Mustelus manazo* from Tokyo Bay, Japan. Fisheries Science **62**: 919-922.

Yamaguchi A., Taniuchi T., Shimizu M. (1998): Geographic variation in growth of the starspotted dogfish *Mustelus manazo* from five locations in Japan and Taiwan. Fisheries Science **64**: 732-739.

Yudin K. G., Cailliet G. M. (1990): Age and growth of the gray smoothhound, *Mustelus Californicus*, and the brown smoothhound, *Mustelus henlei*, sharks from central California. Copeia **1990**: 191-204.

Preuzeto s interneta:

[www.seaturtle.org/](http://www.seaturtle.org/) Pristupljeno 17. studenog 2014. godine.

[www.iucnredlist.org/](http://www.iucnredlist.org/) Pristupljeno 17. studenog 2014. godine.

## 7. Životopis

---

### **Tanja Polak**

- Trnsko 41c, Zagreb, Hrvatska
- 095 885 4968
- tanja.polak91@gmail.com

### **Datum i mjesto rođenja:**

- 13.2.1991., Pakrac

### **Završeno obrazovanje:**

- Diplomski studij eksperimentalne biologije, Biološki odsjek; Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- Preddiplomski studij biologije; Biološki odsjek; Prirodoslovno - matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu
- V. Gimnazija, Zagreb
- Osnovna škola Fran Galović, Zagreb

### **Vannastavni program:**

- član Udruge studenata biologije - BIUS (2013.-2015.)
- laboratorijska stručna praksa u Laboratoriju za kralješnjake Prirodoslovno - matematički fakultet, Zagreb (2013.)
- studentski posao edukatora u Zoološkom vrtu grada Zagreba (2013.-2015.)